

RESUMEN

En el presente trabajo de fin de grado se expone el planteamiento y diseño de un sistema mecánico que permita aplicar la condición de movimiento en los ensayos de resistencia al fuego de sellados de junta lineal según la Norma EN 1366-4 [4] en las instalaciones de *Applus+ Laboratories*.

Basándose en las características de los sellados existentes, se ha propuesto un sellado tipo que sirve para determinar las condiciones a las que se someterá el sistema. Partiendo de los elementos existentes del ensayo de sellados que se realiza en Applus+, se ha planteado la incorporación de un mecanismo hidráulico para poder realizar el ensayo de resistencia al fuego con la condición de movimiento, tal como se especifica en el anexo B de la norma EN 1366-4. También se han diseñado posibles soluciones para la estructura metálica que albergará tanto el mecanismo como la muestra ensayada.

INDICE

RESUMEN	1
INDICE	2
1. OBJETO	4
1.1. Los ensayos de resistencia al fuego	4
1.2. Especificaciones de la Norma EN 1366-4	6
1.3. Especificaciones según sellados: El caso límite	10
1.4. Sistema de deslizamiento	15
1.5. Lubricante	19
2. DISEÑO CONCEPTUAL	21
2.1. Tipos de mecanismos	21
2.2. Estructuración de elementos	24
2.3. Medición del desplazamiento	28
3. DIMENSIONADO	29
3.1. Cilindro hidráulico	30
3.2. Cálculo de esfuerzos	35
3.3. Fijación cilindro-losa	45
4. PRESUPUESTO	47
5. PLANIFICACIÓN	50
6. CONCLUSIONES	52
BIBLIOGRAFIA	53
AGRADECIMIENTOS	54
ANNEXOS	55

1. OBJETO

2.1 Los ensayos de resistencia al fuego

El objetivo de este trabajo final de grado es plantear el diseño un marco de ensayo con sistema de accionamiento capaz de realizar uno o varios movimientos lineales de traslación sobre una muestra de sellado de junta lineal como parte del procedimiento de ensayo de resistencia de fuego descrito en la Norma europea EN 1366-4 para el laboratorio de fuego de APPLUS Laboratories.

Las juntas de sellado de junta lineal ignifugas se emplean para rellenar y sellar uniones en estructuras resistentes al fuego como tabiques, trasdosados y techos. Cada uno de esto elementos ha de ser capaz de soportar las condiciones de fuego y calor, y por lo tanto se tienen que ensayar previamente según la norma europea EN por un laboratorio acreditado.



Figura 1.1. Ensayo de resistencia de fuego. Fuente: *Applus LGAI*

Existe una norma específica que dicta como y en qué condiciones se tiene que ensayar cada producto industrial para poder calificarlo como resistente al fuego y por lo tanto apto para el uso. En general, estos ensayos consisten en recrear las condiciones de un incendio, que radica en colocar el producto dentro de una obra de hormigón con un lado expuesto al interior de un horno, el cual se encuentra a una temperatura específica (indicada en la respectiva norma del producto). En el lado no expuesto al fuego se colocan termopares, medidores de desplazamiento y/o radiómetros, que servirán para evaluar la integridad y capacidad de aislamiento del producto. El objetivo del ensayo es medir el tiempo que soporta la muestra en las condiciones de fuego sin perder su integridad o capacidad de aislamiento, el cual vendrá dado en minutos que ha soportado. Estas clasificaciones van desde

los 15 hasta los 240 minutos, representando de esta manera que un producto que ha resistido 30 minutos de ensayo podrá resistir mínimo 30 minutos durante un incendio.



Figura 1.2. Dos puertas durante un ensayo de resistencia al fuego.

Fuente: *Cavanagh Consulting*

La norma específica de ensayo de resistencia de fuego en el caso de los sellados de junta lineal es la EN 1366-4:2006+A1 *Ensayos de resistencia al fuego de instalaciones de servicio, Parte 4: Sellado de junta lineal*. En ella se especifican las condiciones y pautas a seguir para ensayar este producto, incluyendo también la posibilidad de ensayarlas con movimiento. La condición de movimiento pretende recrear los posibles desplazamientos y alteraciones estructurales que puede sufrir un elemento durante un incendio, alterando la longitud de los sellados empleados.



Figuras 1.3 y 1.4. Marco de acero y horno cúbico de Applus en Bellaterra

De momento en APPLUS Laboratories se realiza el ensayo de sellados de junta lineal según la norma referenciada pero sin la condición de movimiento. Para ello las muestras que se van a ensayar se ubican entre dos bloques de hormigón, los cuales se sitúan dentro de un marco de acero perimetral. La estructura entonces se coloca con un lado orientado hacia la apertura horizontal del horno de ensayo

(lado expuesto) y en el lado opuesto se colocan termopares en los puntos especificados según la norma EN 1366-4.



Figuras 1.5. Detalle del ensayo de sellados de juntas. Fuente: *Applus LGAI*

Para poder ensayar las juntas con la condición de movimiento hay que modificar el marco de ensayo e implementar un mecanismo que permita desarrollar las condiciones especificadas en la norma EN 1366-4. En esta se describen unos límites para el movimiento que se ha de realizar, pero no especifica cómo ha de ser el mecanismo. Por otra parte, al no existir muchos laboratorios en Europa que realicen este tipo de ensayos, no existen muchos precedentes disponibles en los que basarse. Los pocos laboratorios que lo tienen no comparten sus datos técnicos debido a estrictas políticas de confidencialidad. Debido a estas limitaciones se tendrá que diseñar un sistema partiendo de las limitaciones y a condicionantes de las juntas que se van a ensayar, del laboratorio mismo, y de las especificaciones de la norma EN 1366-4

1.2 Especificaciones de la norma EN 1366-4

A continuación se analizan los requisitos de esta norma en cuanto al movimiento que se tiene que imponer a los sellados de junta en los ensayos de resistencia al fuego. Para ello se utiliza el Anexo B de dicha norma.

Cada ensayo de resistencia al fuego es destructivo, lo que quiere decir que un sellado queda inservible después de ser ensayado. Esto limita a solo poder realizar una de estas opciones de movimiento en cada ensayo. El cliente promotor del ensayo por lo tanto debe determinar previamente las siguientes condiciones:

- Tipo de movimiento (de los especificados a continuación)
- Movimiento antes o durante el ensayo
- Límites de anchura nominal del sellado

- Extensión del movimiento
- Tiempo de resistencia al fuego anticipado (15, 30, 60, 90 minutos...)

Lo que se pretende lograr es estirar el sellado de junta que se está ensayando en cualquiera de las direcciones deseadas. Los siguientes posibles tipos de movimiento se pueden realizar antes o durante el ensayo, tal como se describen en la norma:

- Lateral
- Cizalla
- Combinación de lateral y cizalla
- Rotacional

Por requisitos del laboratorio de fuego de Applus solo se exige al sistema que sea capaz de realizar los movimientos laterales y en cizalla individualmente, representados en la siguiente figura en posición vertical:

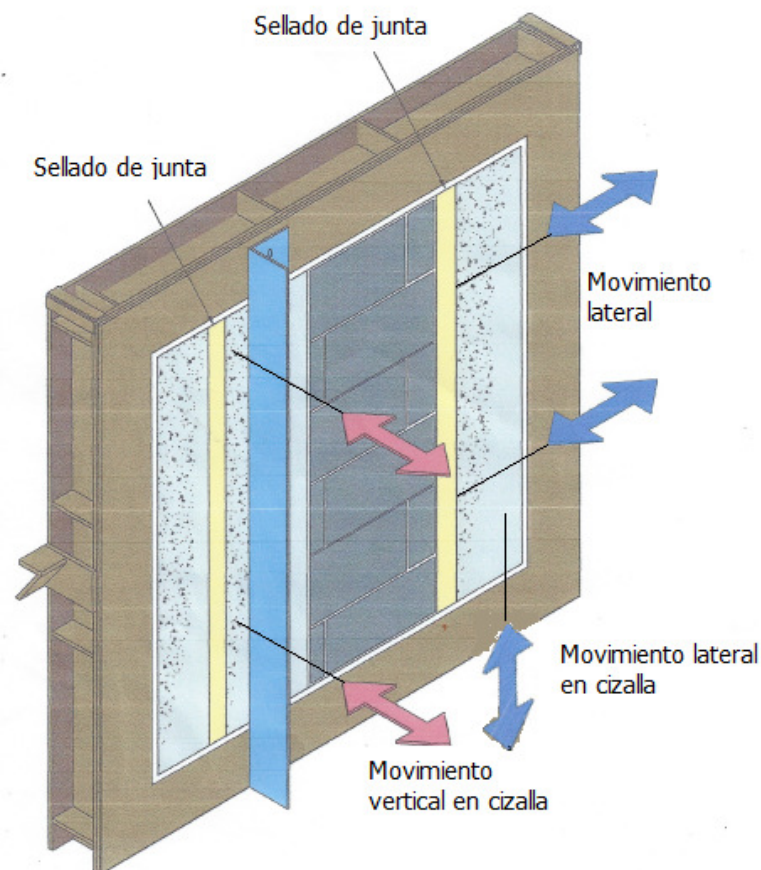
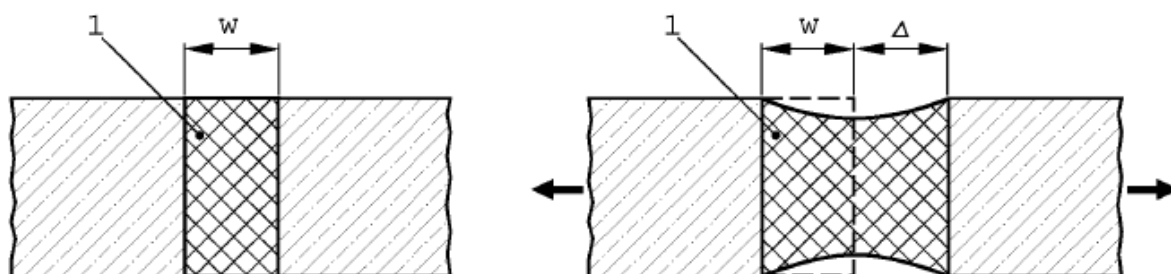


Figura 1.6. Movimientos del ensayo de sellados requeridos. Fuente: *Applus LGA*

Condiciones de movimiento durante el ensayo

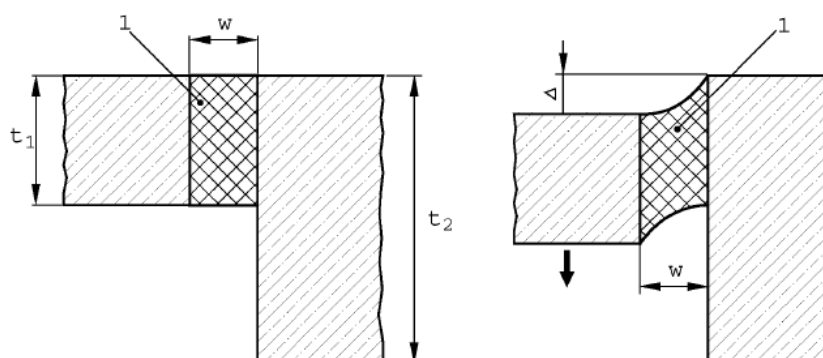
Los únicos movimientos con condiciones normalizadas por la norma son el lateral y cizalla, y se describen de la siguiente forma: “El equipo debe de ser capaz de estirar la muestra lateralmente (o en dirección de la cizalla) de forma lineal. El ensayo debe de iniciarse con el movimiento equivalente al 20% de la capacidad de movimiento. El 100% de la capacidad de movimiento debe alcanzarse durante el primero 80% del tiempo de resistencia al fuego anticipado, sometido a un máximo de 60 min. Cuando se alcanza el 100% de la capacidad de movimiento, no ha de imponerse a la muestra ningún movimiento inducido mecánicamente.



Leyenda

- 1 Sellado de junta
- w Anchura nominal de junta
- Δ Alargamiento (al 100% de la capacidad de movimiento)

Figura 1.7. Movimiento lateral (condiciones normalizadas) Fuente: UNE EN 1366-4

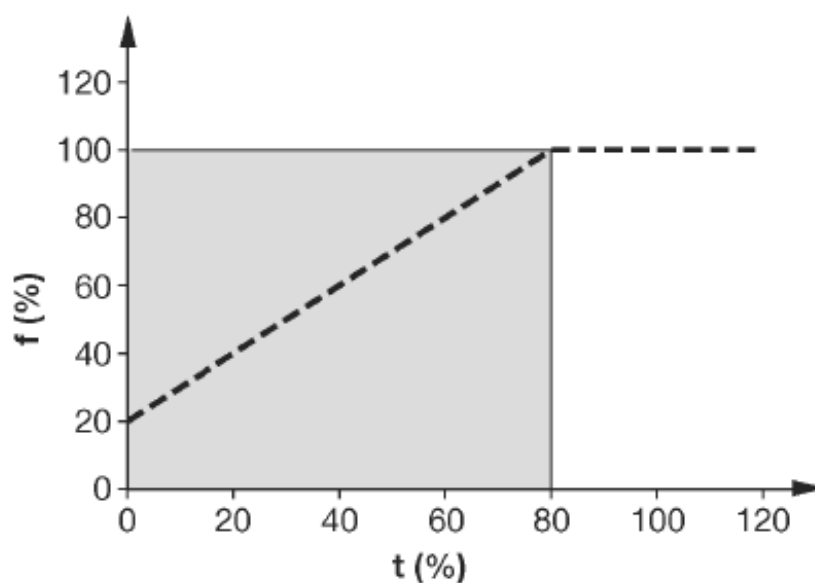


Leyenda

- 1 Sellado de junta
- w Anchura de junta nominal
- Δ Flexión (al 100% de la capacidad de movimiento)
- t₁ Espesor de la cara de separación móvil
- t₂ Espesor de la cara de separación fija

Figura 1.8. Movimiento en cizalla (condiciones normalizadas) Fuente: UNE EN 1366-4

Otros tipos de movimientos durante el ensayo: Si se desea realizar un movimiento que no está cubierto por las condiciones descritas en los apartados anteriores, quedara a la libre determinación por el peticionario, pero tendrá que seguir la curva de desplazamiento normalizada que se muestra a continuación. Describe la relación lineal que tiene que seguir el movimiento, representado en porcentaje del movimiento total que se quiere realizar, respecto al porcentaje de tiempo de resistencia al fuego anticipado.



Leyenda

f Flexión (%)

t Tiempo de resistencia al fuego anticipado (%)

Figura 1.9. Curva de movimiento normalizada. Fuente: UNE EN 1366-4

Condiciones de movimiento antes del ensayo

En este caso, el movimiento anterior al ensayo debe ser el 100% de la capacidad de movimiento, el cual se mantendrá durante el transcurso del ensayo.

La siguiente tabla muestra unos ejemplos con números de posibles ensayos a realizar:

Tipo movimiento	Tiempo Resistencia deseado	Ancho de sellado nominal	Cantidad de movimiento deseada
Lateral antes de ensayo	30 minutos	20 mm	50%
Lateral durante ensayo	30 minutos	20 mm	75%

Ejemplo movimiento lateral antes del ensayo: Estirado total a realizar = $0,5 \cdot 20 \text{ mm}$
= 10 mm

La muestra de sellado tendrá que estirarse 10 mm hasta llegar a un ancho total de $20 + 10 = 30 \text{ mm}$. Posteriormente se pondrá a ensayar durante 30 minutos de exposición al fuego.

Ejemplo movimiento lateral durante el ensayo: Estirado total a realizar = $0,75 \cdot 20 \text{ mm}$
= 15 mm

El sellado se estirara $0,2 \cdot 15 \text{ mm} = 3 \text{ mm}$ antes de comenzar el ensayo. El resto de los 12 mm de estirado se tendrán que realizar durante los primeros $0,8 \cdot 30 \text{ m} = 24$ minutos desde el comienzo del ensayo. Por lo tanto a partir del minuto 24 del ensayo el ancho total de la muestra de sellado debe de ser de 35 mm.

1.3. Especificaciones según sellados: El caso limite

Con estas especificaciones de la norma en mente, se puede proceder a calcular la potencia neta necesaria para realizar estos movimientos sobre los sellados sin considerar de momento los rozamientos y pérdidas del sistema. Ya que se desea diseñar un sistema que pueda realizar estos movimientos sobre todo tipo de juntas, se tendrá que considerar el caso límite en el cual se requiera la máxima fuerza y potencia, el cual vendrá definido por las siguientes condiciones:

1. **Resistencia a la tracción máxima** del rango de sellados que se prevé ensayar.
2. **Máxima superficie de contacto** del sellado de junta con la parte móvil. Dada por el producto de longitud del sellado y su grosor.
3. **Máximo alargamiento** de sellado deseado. Un mayor alargamiento requiere mayor potencia para realizar el movimiento en el tiempo determinado.
4. **Tiempo de ensayo mínimo.** Ya que la norma requiere que el movimiento se complete durante el 80% del tiempo de resistencia deseado, un tiempo

menor requerirá un movimiento más rápido y por lo tanto un sistema de mayor potencia.

Resistencia a la tracción: Los sellados de junta de este tipo vienen acompañados por una ficha técnica, la cual facilitan la mayoría de fabricantes sin necesidad de adquirir el producto. Sin embargo, no todas indican la resistencia a la tracción. La tensión de resistencia máxima que se ha encontrado ha sido la del siguiente sellado:



 	
DATOS TÉCNICOS	
Características del producto	
Aspecto general y color	Masilla gris
Densidad, (g/cm ³)	1,35 ± 0,10
Condiciones de aplicación y curado	
Anchura máxima de junta, (mm)	40
Relación ancho:profundidad de la junta	2:1
Temperatura óptima de aplicación para soporte y ambiente, (°C)	5 – 35
Tiempo de formación de piel a 23 °C y 50% H.R., (min)	60 – 120
Velocidad de polimerización a 23 °C y 50% H.R., (mm/24 h)	2
Tiempo de curado para revestimiento/ inmersión, 23 °C y 50% R.H., (d)	3 / 10
Características del producto polimerizado	
Dureza Shore A, ISO 868	22
Módulo de elasticidad al 100%, DIN EN ISO 8340 (MPa)	0,3
Resistencia a tracción al 100%, NF P 85506 – ISO 11600 (MPa)	0,5
Alargamiento a rotura, NF P 85506 – ISO 11600 (%)	> 250
Recuperación elástica, NF P 85506 – ISO 11600 (%)	80
Descuelgue, DIN EN ISO 7390 (mm)	0
Elongación máx. de servicio, (%)	25
Temperatura de servicio, (°C)	-30 ≤ T ≤ +80
Aptitud para contacto con agua potable (Real Decreto 140/2003)	Apto
Rendimiento / Consumo*	
Rendimiento de un cartucho de 300 ml para junta de 10x10 mm (metro lineal)	Aprox. 2,9

Figura 1.10: Tensión de resistencia a la tracción del sellado de juntas MAXFELX 100 W.

Fuente: drizoro.com

$$\sigma_{\max} = 0,5 \text{ MPa}$$

En el anexo A se encuentran algunas de estas fichas tomadas en cuenta para este trabajo.

Superficie de contacto: Este factor depende de las dimensiones del horno y del sellado que se desea ensayar. El horno utilizado en el laboratorio de fuego de Applus tiene un paso libre de 1,5 m, lo cual requiere un sellado de la misma longitud. El espesor sin embargo viene limitado por los diferentes fabricantes. Después de consultarlo con el responsable de los ensayos del laboratorio de fuego de Applus, se ha decidido fijar un espesor límite de 200 mm, un valor más que superior al especificado en las fichas técnicas de sellados analizadas.

De esta manera el area de sellado en contacto con la parte móvil toma el siguiente valor:

$$A_{\max} = 1,5 \cdot 0,2 = 0,3 \text{ m}^2$$

Alargamiento: Este es otro valor que viene dado por los fabricantes en las fichas técnicas. Igual que con el grosor de junta, este se ha decidido fijar en 200 mm después de consultarse con los técnicos del laboratorio.

Tiempo de ensayo de resistencia anticipado: Se tomara el valor mínimo de los tiempos disponibles para clasificación de un sellado de juntas, es decir, 15 minutos. Este es el tiempo mínimo al que puede optar un fabricante cuando decide ensayar un sellado. Como el movimiento se tiene que realizar dentro del 80% del tiempo de ensayo, el tiempo mínimo utilizado para el cálculo de potencia es el siguiente:

$$\Delta t_{\min} = 15 \cdot 60 \cdot 0,8 = 720 \text{ s}$$

El ancho máximo de sellado también se ha decidido fijar en 200 mm para los cálculos, quedando las dimensiones resumidas de esta manera:

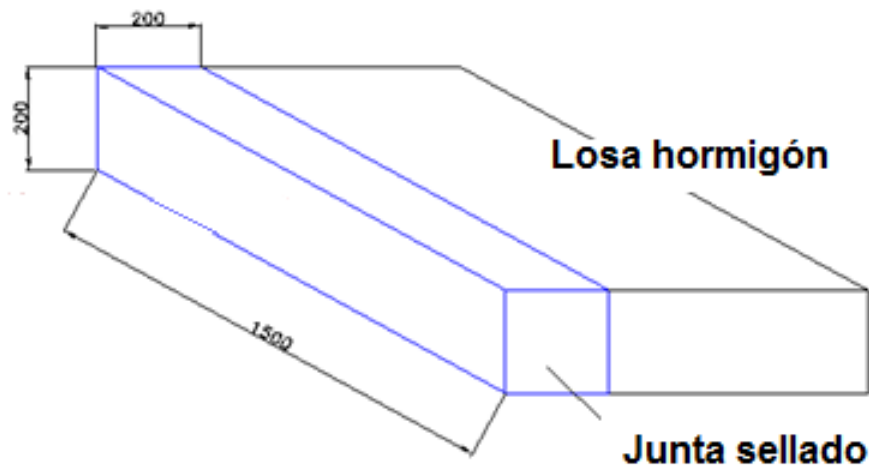


Figura 1.11. Dimensiones del sellado en el caso limite

En la siguiente tabla se resumen por lo tanto las especificaciones del ensayo teórico que requiere la fuerza máxima y trabajo máximo para realizar el estirado lateral.

Tensión	Ancho sellado	Longitud sellado	Espesor sellado	Alargamiento	Duración movimiento
$\sigma_{\max}=0,5 \text{ MPa}$	$w = 0,2 \text{ m}$	$l = 1,5 \text{ m}$	$e = 0.2 \text{ m}$	$\Delta w = 0,2 \text{ m}$	$\Delta t = 720 \text{ s}$

Fuerza máxima de resistencia a la tracción de la muestra de sellado.

Teniendo estos valores se puede proceder a calcular la fuerza máxima de resistencia a la tracción que opondrá una muestra de este sellado en el momento del ensayo de la siguiente forma:

$$\sigma = 0,5 \text{ MPa}$$

$$F_{\max} = \sigma \cdot w \cdot e$$

$$F_{\text{junta}} = 0,5 \cdot 10^6 \cdot 0,2 \cdot 1,5 = 150\,000 \text{ N}$$

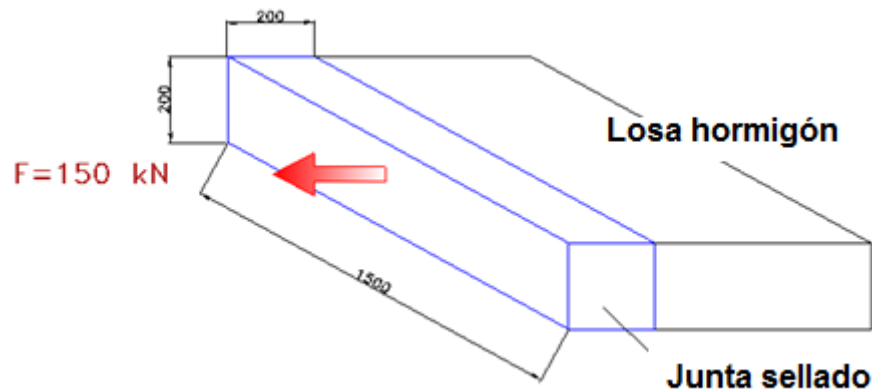


Figura 1.12. Fuerza máxima de resistencia a tracción del sellado

Debido a la falta de datos acerca de la tensión de resistencia tangencial en las fichas de sellados de juntas, y con el objetivo de simplificar los cálculos, se ha tomado el mismo valor de fuerza necesaria para el estirado en la dirección de cizalla que para el estirado lateral.

$$F_{\max_cizalla} = F_{\max_lateral} = 150 \text{ kN}$$

En el caso del movimiento vertical en dirección cizalla, a la fuerza se le suma el propio peso de la losa de hormigón que se va a desplazar. Para calcular este se toman en cuenta los siguientes datos:

- Según el párrafo 7.2.2.1: *Elementos de hormigón y albañilería*, de la norma EN 1366-4, la densidad máxima aceptable para estos elementos es de 2 600 kg/m³.
- Dimensiones máximas previstas de cada bloque de hormigón móvil: 750 mm x 200 mm x 1500 mm.
- Constante de gravedad $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

$$F_{\text{peso}} = 9,81 \cdot 0,75 \cdot 0,2 \cdot 1,5 \cdot 2600 = 5738 \text{ N}$$

$$F_{\text{max1}} = F_{\text{junta}} + F_{\text{peso}} = 155\,739 \text{ N}$$

De esta manera, la fuerza de resistencia al estirado del sellado en un movimiento vertical de cizalla en el caso límite es de 155 739 N.

Potencia neta necesaria

Llegados a este punto se puede calcular la potencia teórica necesaria para realizar el ensayo, todo esto sin tener en cuenta las pérdidas del sistema, las cuales se definirán más adelante.

Suponiendo las condiciones de caso limite definidas anteriormente:

- $\Delta w = 0,2 \text{ m}$
- $\Delta t = 720 \text{ s}$
- $F_{\text{max}} = 155\,739 \text{ N}$

Ya que la norma exige que el 20% del movimiento se realice antes de empezar el ensayo, el 80% restante ($\Delta w_{80\%}$) es el que se considerara para los cálculos.

$$\Delta w_{80\%} = \Delta w \cdot 0,8 = 0,2 \cdot 0,8 = 0,16 \text{ m}$$

Potencia teórica necesaria para estirar la muestra en el caso limite, teniendo en cuenta solo la resistencia a la tracción del sellado y el peso propio de la losa de hormigón móvil:

$$P = \frac{F_{\text{max}} \cdot \Delta w_{80\%}}{\Delta t} = \frac{155\,739 \cdot 0,16}{720} = 34,61 \text{ W}$$

Velocidad mínima a la que se tendrá que estirar el sellado para cumplir con la norma:

$$v_{\min} = \frac{\Delta w_{80\%}}{\Delta t} = \frac{0,16}{720} = 0,222 \text{ mm/s}$$

Cabe destacar que este valor de velocidad es la mínima necesaria para realizar el ensayo planteado cumpliendo las condiciones de la norma correctamente. Al ser un valor tan bajo se ha considerado que probablemente no será un límite a tener en cuenta a la hora de diseñar el sistema. Cualquier sistema que realice el movimiento con una velocidad constante mayor que esta será válido. Sin embargo, también se ha considerado que interesa una velocidad cuanto más alta, ya que así el movimiento se terminará de realizar antes, dejando más margen de tiempo en caso de que suceda algún imprevisto durante el ensayo.

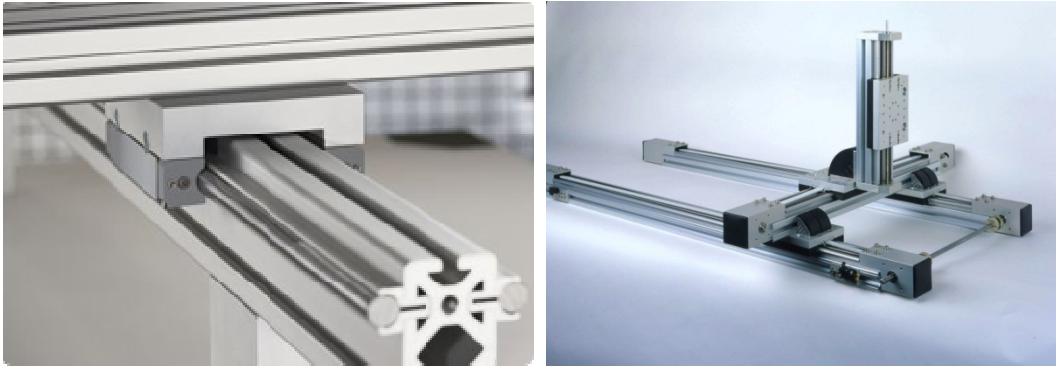
1.4 Sistema de deslizamiento

Para reducir la resistencia por fricción resultante del contacto de las losas con el marco, se ha decidido incorporar un sistema que facilite el desplazamiento. Tiene que ser un sistema lo suficientemente robusto como para soportar el peso de las losas y resistir el calor proveniente del horno, ya que estará situado en el lado expuesto debajo de las losas.

Requisitos:

- Soportar temperaturas de hasta 1000 °C
- Soportar la carga de las losas de hormigón móviles; 5738,85 N
- Permitir el desplazamiento de las losas máximo de 20 cm.

Guías prismáticas con rodamientos: Este tipo de guías permiten un movimiento lineal con una reducida resistencia mediante rodamientos de precisión. Son comunes dentro de las aplicaciones industriales como los tornos o centros de mecanizado, pero al tener componentes no son adecuadas para soportar altas temperaturas, ya sea por su composición o por la forma que no permite grandes dilataciones. Existe la posibilidad de fabricar guías con aleaciones y componentes que resistan a estas temperaturas, lo cual resultaría en un coste muy alto.



Figuras 1.13 y 1.14. Guías prismáticas. Fuente: www.Schaeffler.de

Transportadoras de rodillos: Estas sirven para desplazar objetos como paquetes y cajas en instalaciones como cadenas de montaje, distribuidoras, aeropuertos, etc. Los objetos se deslizan sobre rodillos que van fijados a una estructura mediante rodamientos, facilitando el movimiento. Los rodillos son más robustos que las guías prismáticas, y más baratos de fabricar.



Figura 1.15. Mesa de transporte por rodillos. Fuente: www.cintesa.es

La solución planteada se basa en este sistema, pero utilizando rodillos libres que no vayan fijados a ningún elemento, resultando en un funcionamiento similar al de los rodamientos con rodillos.

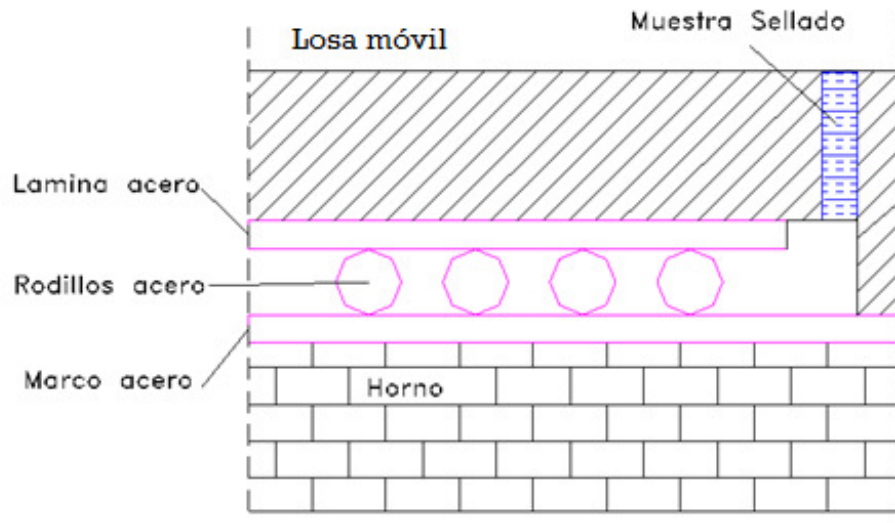


Figura 1.16. Detalle del sistema de rodillos planteado.

- Se colocan rodillos de acero libres, con lubricante o grasa, en el plano horizontal entre el marco y la losa móvil, facilitando el movimiento de traslación de esta.
- Entre la losa y los rodillos se incorpora una lámina de acero en forma de L. De esta manera se evita la deformación del hormigón en la zona de contacto losa-rodillo, y la forma de L sirve de guía para garantizar un rodamiento recto de los rodillos.
- Los espacios libres que quedan se rellenan con fibra de lana de roca disminuir las pérdidas de calor.

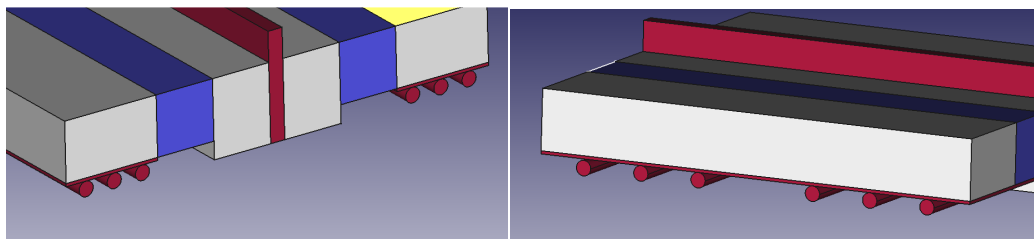


Figura 1.17. Sistema de rodillos para el movimiento lateral (izquierda) y movimiento en cizalla (derecha)

Para el cálculo de la resistencia debido al rodadura (F_r) se ha utilizado la formula aproximada.

$$F_R = \frac{\mu_r}{r} \cdot N$$

Donde:

μ_r : Coeficiente de rodadura estática de rodamiento acero-acero (mm)

r : radio de los rodillos (mm)

N : Fuerza normal resultante del peso de la losa móvil (N)

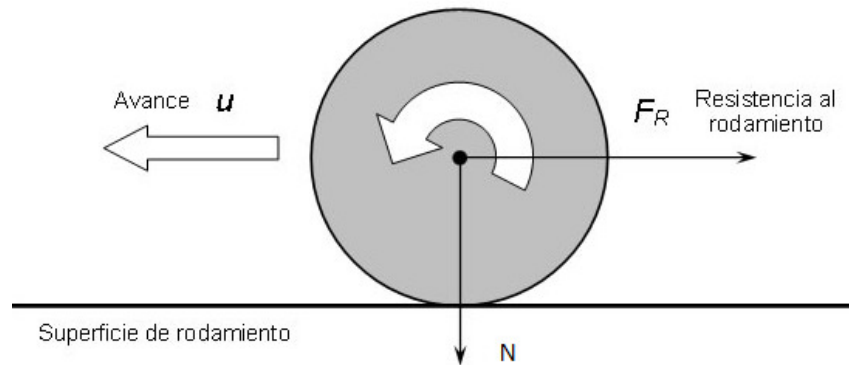


Figura 1.18. Rodadura con una superficie de contacto

Como la fuerza resultante es inversamente proporcional al radio de los rodillos, interesan unos rodillos lo más grandes posible, con la desventaja de que con radio mayor se crean huecos más amplios por donde se perdería calor. Para este cálculo finalmente se ha tomado un radio de 25 mm.

$$\mu_r = 0,019 \text{ mm}$$

$$r = 25 \text{ mm}$$

$$N = m \cdot g = 5738,85 \text{ N}$$

Resultando en el siguiente valor de resistencia por fricción:

$$F_R = \frac{0,5}{25} \cdot 5738,25 = 114,76 \text{ N}$$

Ya que los rodillos hacen rodar dos superficies de contacto, y si se desprecia el peso propio de los mismo, el valor final para la resistencia de rodadura sin considerar el lubricante será de $2 \cdot F_R$,

$$F_{\text{fricción}} = 2 \cdot F_R = 229,53 \text{ N}$$

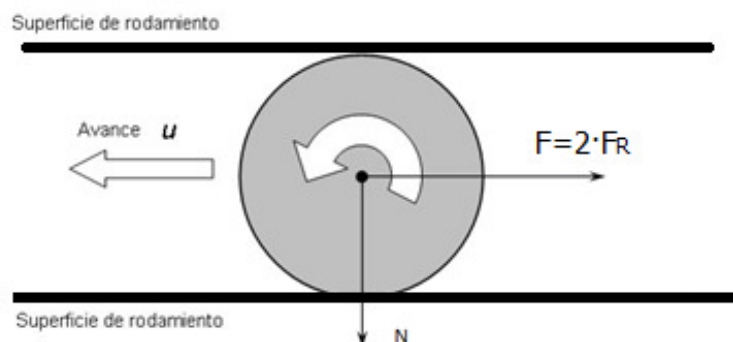


Figura 1.19. Rodadura con dos superficies de contacto

1.5 Lubricante

El coeficiente de fricción depende del lubricante que se le aplica. En el mercado existen muchos tipos de lubricantes y grasas para diferentes aplicaciones, cuya aportación a reducir la resistencia de fricción depende de la viscosidad. El problema reside en que los lubricantes y grasas suelen perder sus propiedades con temperaturas altas, llegando incluso a solidificar. En este caso el producto que se aplicará también tiene que mantener sus propiedades a la temperatura de 1000°C, ya que estará expuesto al interior del horno, como el siguiente lubricante en aerosol:

ITW Spraytec de 'JELT	
Viscosidad a 40°C	96 cSt
Temperatura de trabajo	-20°C a +1200°C

En el anexo B se puede encontrar la ficha técnica del lubricante

Debido a que no se ha podido obtener datos comparando coeficientes de rodadura en seco y lubricado, se han considerado los coeficientes de fricción estática de la Tabla 1.1. Utilizando la relación entre la fricción en seco y la fricción con lubricante, se consigue un coeficiente de reducción de fricción. A pesar de no ser calculado utilizando los coeficientes de rodadura, se aproxima el cálculo multiplicando este coeficiente por la fuerza de resistencia de rodadura.

Materials and Material Combinations		Static Frictional Coefficient - μ_s -	
		Clean and Dry Surfaces	Lubricated and Greasy Surfaces
Silver	Silver	1.4	0.55
Sapphire	Sapphire	0.2	0.2
Silver	Silver	1.4	0.55
Skin	Metals	0.8 - 1.0	
Steel	Steel	0.5 - 0.8	0.16
Straw Fiber	Cast Iron	0.26	
Straw Fiber	Aluminum	0.27	
Tarred fiber	Cast Iron	0.15	
Tarred fiber	Aluminum	0.18	

Tabla 1.1. Coeficientes de fricción estática. Fuente: www.Engineeringtoolbox.com

Variación de coeficiente de fricción de superficie acero lubricad/acero seco =
Coeficiente Reducción $C_r = 0,16/0,5 = 0,32$

Se ha decidido usar este valor para tener una aproximación de lo que se reduciría la resistencia en el caso de la rodadura de contacto acero-acero como en este caso.

$$F_{\text{fricción}} = 229,53 \cdot C_r = 73,45 \text{ N}$$

Las dimensiones y número de rodillos dependerán entonces de la presión que pueden soportar sin deformar. Aun así, la variación de la resistencia de rodadura entre diferentes rodillos no se ha considerado relevante, y por lo tanto no se considerara para el dimensionado en este trabajo.

En la siguiente tabla se resumen las fuerzas necesarias para cada tipo de movimiento

Movimiento	Fuerza
Horizontal estirado	150 073,45 N
Horizontal cizalla	150 073,45 N
Vertical cizalla	155 738,86 N

Tabla 1.2. Fuerzas necesarias para cada movimiento

2. DISEÑO CONCEPTUAL

2.1 Tipos de mecanismos

Una vez definidos estos límites del movimiento y una aproximación de la fuerza que se requiere para estirar las juntas, se puede proceder a plantear soluciones de diseño. Como se ha mencionado previamente, pocos laboratorios europeos realizan este tipo de ensayos, de manera que no hay casos existentes que usar como referencia. Sin embargo, existen otros sistemas en el ámbito industrial que realizan funciones semejantes.

Primero se ha planteado el tipo de mecanismo que se usará. Las posibles soluciones se pueden reducir a electromecánico, pistones hidráulicos, o manual.

Manual: Un sistema de tornillo-tuerca crearía un desplazamiento con una considerable fuerza de avance partiendo del movimiento rotacional de una manivela. Este tipo de mecanismo se emplea en máquinas como los tornos o fresadoras manuales, donde se precisa ejercer una elevada fuerza partiendo de un movimiento rotacional.

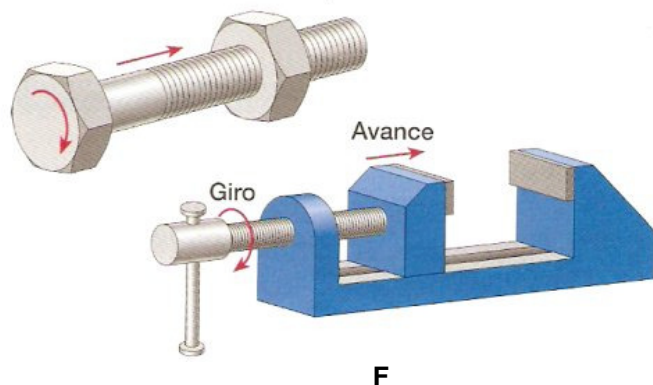


Figura 2.1. Mecanismo tornillo-tuerca. Fuente: www.TecnologiaIndustrialmiguel.com

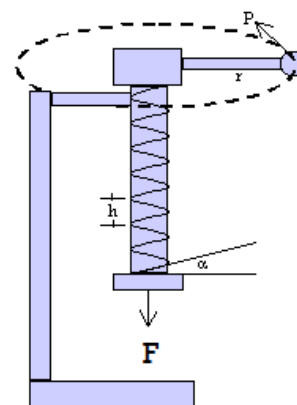
Usando el valor de fuerza calculado anteriormente, la fuerza creada por la máquina simple de tornillo-rosca sigue la siguiente ecuación:

$$F = \frac{P \cdot 2 \cdot \pi \cdot r}{h}$$

r: longitud de la manivela

h: paso del tornillo

P: fuerza ejercida en la manivela por el operario



Considerando los siguientes valores:

$$F = 155\,739\text{ N}$$

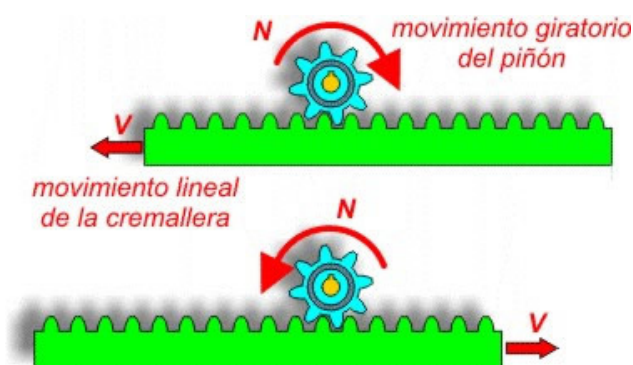
$r = 100\text{ mm}$. Se ha considerado este valor de longitud de la palanca como la que permite realizar el movimiento giratorio cómodamente.

$$h = 2\text{ mm}$$

$$\text{Despejando, } P = \frac{F \cdot h}{2 \cdot \pi \cdot r} = \frac{155739 \cdot 2}{2 \cdot \pi \cdot 10} = 495,73\text{ N}$$

Teniendo en cuenta que la norma del ensayo requiere específicamente que el desplazamiento sea lineal, requiriéndose una velocidad constante de movimiento, y considerando la elevada fuerza necesaria, se ha considerado que la opción manual no sería la adecuada. Por otro lado, el calor procedente del horno durante el ensayo, y la limitada accesibilidad a las muestras en su posición de ensayo dificultarían a los operarios la realización del movimiento

Electromecánico: Un sistema con motor eléctrico combinado con algún tipo de



transmisión puede ser viable. Podría proporcionar la potencia suficiente y crear un movimiento rectilíneo de velocidad constante mediante, por ejemplo, el acoplamiento de un sistema de cremallera a las losas de hormigón.

Figura 2.2. Mecanismo de cremallera. Fuente: www.Cnice.mec.es

Pistón hidráulico: Proporciona mucha fuerza aplicada en línea recta y por lo tanto presenta una solución más simple frente al motor eléctrico, lo cual también la hace más duradera y resistente. Por otro lado su instalación sería relativamente fácil al existir ya una red hidráulica en el laboratorio.

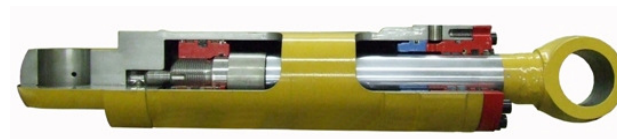


Figura 2.3. Ejemplo de un cilindro hidráulico industrial. Fuente: www.sunnysteel.com

Después de plantear estas opciones y considerar las ventajas y desventajas de cada sistema, se ha optado por usar un cilindro hidráulico por su sencillez y facilidad de incorporar aprovechando el sistema hidráulico del laboratorio.

Sistemas hidráulicos existentes

La función final del sistema que se desea diseñar se puede resumir como un mecanismo que desplaza una carga en unas determinadas condiciones. En el mercado existen diferentes soluciones que, mediante un cilindro hidráulico o neumático, sirven para desplazar o levantar una carga, y algunos de estos han servido para inspirar la solución para este trabajo final de grado. A continuación se resumen algunos de estos sistemas.

- **Mesas hidráulicas tipo tijera:** Las mesas hidráulicas de este tipo tienen la función de subir y bajar una plataforma alturas de considerable distancia de forma lineal. Están diseñadas de tal forma que se permite una elevación de la plataforma mayor que el recorrido del mismo pistón hidráulico, pero con la desventaja de tener que éste tiene que aplicar una fuerza mayor que el peso de la misma carga.



Figura 2.4. Mesa elevadora hidráulica. Fuente: www.Directindustry.com

- **Ensayo de resistencia de fuego de paredes con carga:** Es un tipo de ensayo en el cual se expone una pared al fuego mientras se le aplica una carga en su lado superior, colocando un peso o mediante pistones hidráulicos que lo comprimen. Se asemeja al sistema que se está diseñando en este caso ya que aplica una fuerza en una única dirección (compresión) y en un único lado de la muestra. Los cilindros hidráulicos utilizados para este ensayo en el laboratorio de fuego de Applus pueden generar una fuerza de compresión de hasta 1000 kN. Se asemeja a lo que se pretende del ensayo de sellados pero con la diferencia de que se realiza a compresión en vez de tracción.



Figura 2.5. Ensayo de pared con carga en *Applus*

- **Elevador hidráulico de automóviles:** Son sistemas utilizados por talleres de reparación para elevar coches. Es un sistema semejante a la mesa hidráulica, pero sin incorporar la estructura en tijera. La longitud de recorrido del pistón hidráulico es directamente el mismo que la distancia que se eleva el coche.



Figura 2.6. Elevador hidráulico BendPak de 8 000 kg Fuente: www.BendPak.com

2.2 Estructuración de elementos

Posición de los cilindros hidráulicos

Un cilindro hidráulico fijado al marco perimetral de acero por un extremo, y a la losa de hormigón móvil por el otro, se encarga del movimiento de cada junta. Es posible que se requiera más de un cilindro por junta, lo cual dependerá de las fuerzas que pueden aplicar y los cilindros disponibles. Esto resulta en un sistema bastante flexible, ya que recolocando las fijaciones se puede reconfigurar el sistema para realizar los distintos ensayos con un mismo cilindro (ver figura 2.7)

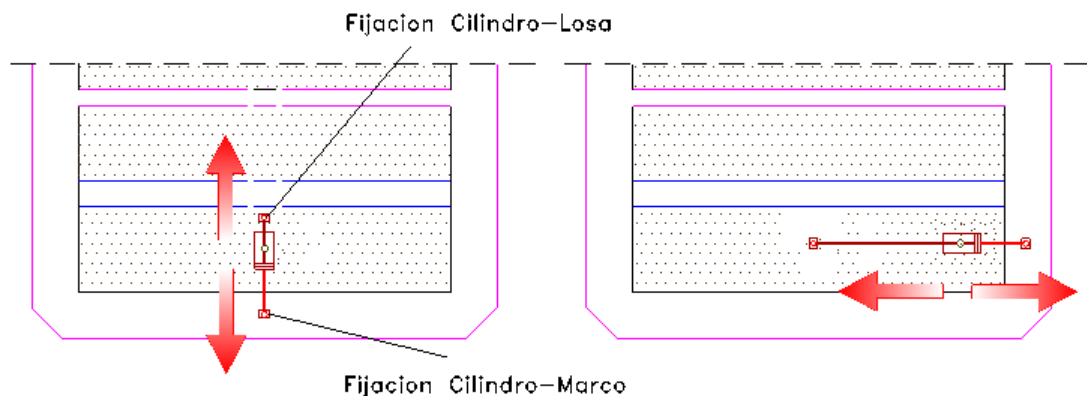


Figura 2.7. Posición de cilindro hidráulico para movimiento lateral y cizalla

La estructura soporte de la muestra:

Teniendo en cuenta que realizar un ensayo requiere un elevado coste de montaje de las muestras y de mantenimiento del horno mientras funciona, es importante optimizar y aprovecharlo ensayando el máximo número de juntas posibles a la vez. Esto es fácil de lograr con el ensayo sin movimiento, ya que se pueden ensayar tantos sellados como las dimensiones lo permitan, a pesar de que los requisitos de cada muestra (ancho, largo, tiempo de ensayo) sean distintos.



Figura 2.8. Ensayo de 3 sellados distintos sin movimiento. Fuente: *Applus LGA*

Al incorporar la condición de movimiento se tiene que poder realizar diferentes movimientos en cada sellado, lo cual limita el número de muestras que se pueden ensayar a la vez.

Para ello se ha decidido partir del marco ya utilizado en los ensayos de juntas sin movimiento, y agregarle una separación solidaria de acero por el centro, que lo divida en dos (ver figura 2.9.).

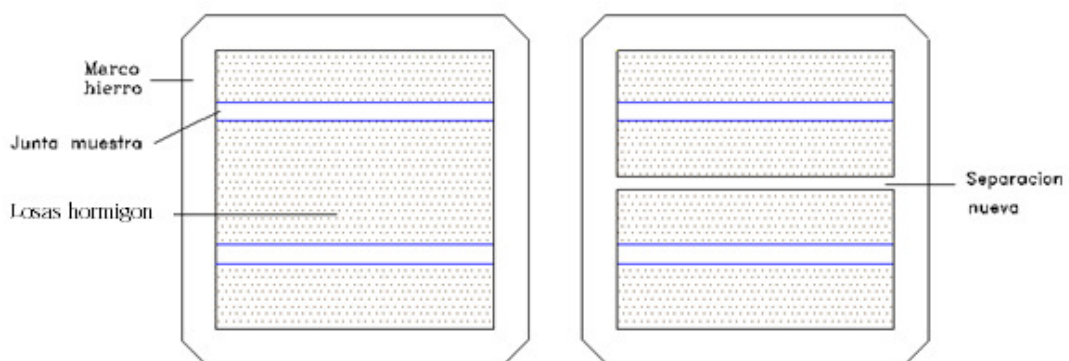


Figura 2.9. Marco de ensayo sin movimiento (izquierda), y la separación que se le pretende incorporar (derecha). De esta manera se independizan las dos muestras, permitiendo aplicar un movimiento distinto a cada una.

Una configuración de 4 muestras, añadiendo una separación vertical, no sería posible, ya que limitaría la longitud de las muestras a un máximo de 750 mm. Mientras que en la norma exige una longitud mínima de 900 mm, como se representa a continuación.

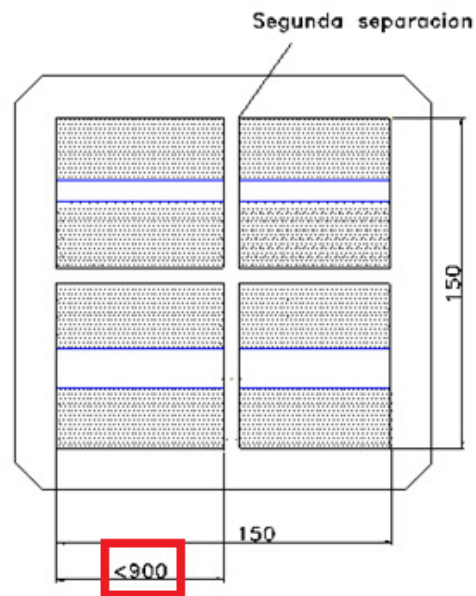


Figura 2.10. Segunda separación planteada (cotas en mm)

Para poderse realizar el movimiento vertical hace falta un soporte para el cilindro hidráulico, como el propuesto en la figura 2.11.

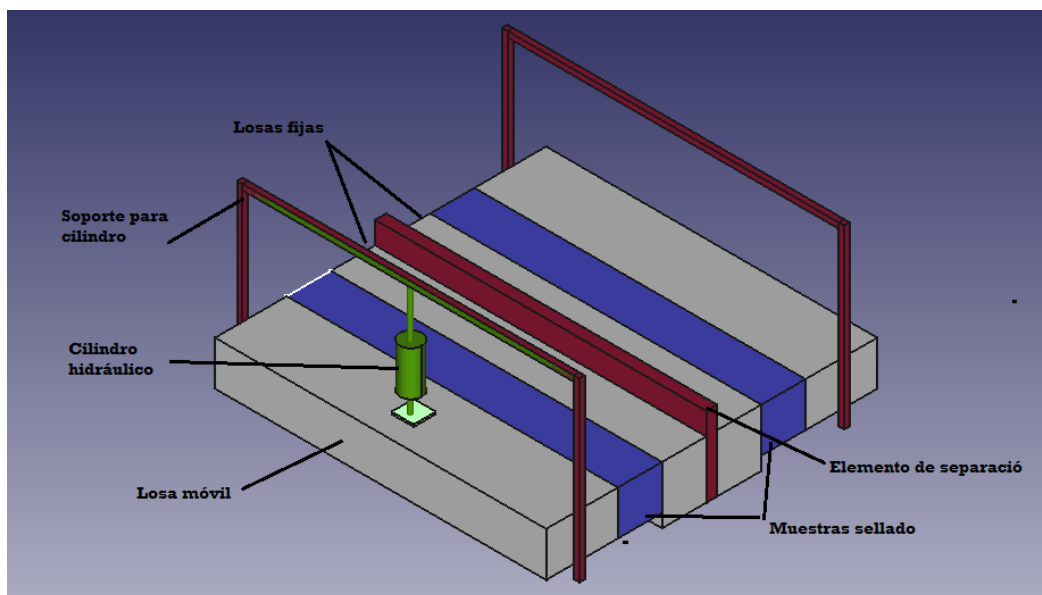


Figura 2.11. Elementos de acero incorporados

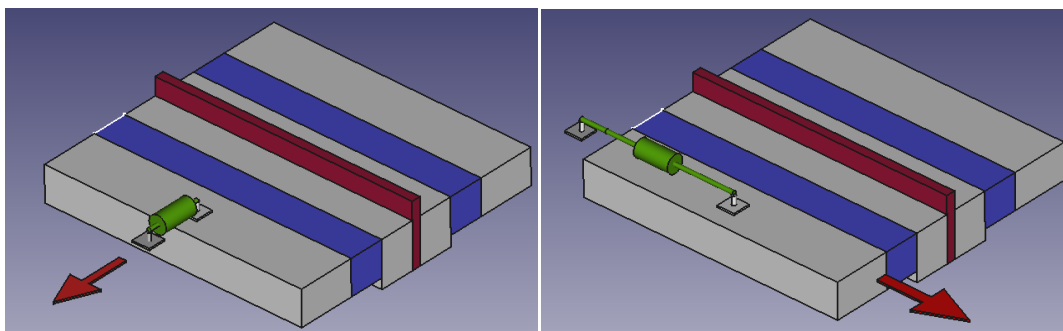


Figura 2.12. Configuraciones para el movimiento horizontal lateral (izquierda) y horizontal en cizalla (derecha) de una muestra de sellado.

2.3 Medición de desplazamiento

A la hora de medir el desplazamiento realizado se pueden utilizar distintos métodos y aparatos. Existen dos categorías que clasifican los diferentes tipos de sensores: los de contacto, como los que utilizan un transformador diferencial y palpadores, y sin contacto, como el sensor por corrientes de Eddy, laser, etc. La siguiente tabla resume las características de cada tipo.

Tipo	Corriente Eddy	Optico	Onda ultrasónica	laser	Contacto
Objeto detectable	Metal	Mayoría objetos	Mayoría objetos	Mayoría objetos	Sólidos
Distancia alcance	Corto	Normal	Largo	Corto	Corto
Precision	Alta	Alta	Baja	Alta	Alta
Vel. respuesta	Rapido	Rapido	Lenta	Normal	Lenta
Durabilidad	Alta duabilidad	Normal	Normal	Normal	Alta durabilidad
Punto deteccion	Normal	Pequeño	Grande	Pequeño	Pequeño

Tabla 2.1. Características de los tipos de sensores. Fuente: www.sensorcentral.com

Teniendo esto en mente, se ha decidido usar un sensor de contacto, ya que el elemento cuyo desplazamiento se va a medir es un sólido (la losa de hormigón), la distancia de alcance es relativamente corta (200 mm), la precisión de este sensor es alta y además tiene una durabilidad elevada. El único inconveniente de este tipo de sensores, como se puede ver, es el tiempo de respuesta. Para un sensor óptico la frecuencia de lectura de datos puede ser de hasta 8 kHz, dependiendo del modelo, mientras que un sensor de contacto tendrá una frecuencia de unos 40 Hz. Aun así, sigue siendo un valor más que suficiente considerando la velocidad del movimiento inducido en el ensayo.

Se decidió por un sensor 'WS10' del fabricante alemán ASM, ya que dentro de su gama de sensores por cable es el que tiene el menor rango de distancias de medida, 0 – 1250mm. Teniendo en cuenta que la muestra estará colocada como mucho a la mitad de la longitud del horno, será una distancia suficiente mas que suficiente.

$$\frac{1\,500\,mm}{2} = 750\,mm < 1250\,mm$$



Figura 2.13. Sensor de distancia por cable 'WS10' del fabricante ASM. Fuente: www.asm.com

3. DIMENSIONADO

Una vez se ha determinado la fuerza aproximada a la que se someterán los distintos elementos del sistema, se puede proceder al dimensionamiento de estos. En este trabajo se han considerado para el dimensionado los siguientes elementos:

- Cilindro hidráulico
- Elementos estructurales de acero que hacen de obra soporte
- Placa de anclaje cilindro-losa

Se han seleccionado estos elementos por su interés en lo que respecta a los criterios de la resistencia de materiales, y su importancia dentro de la funcionalidad del sistema.

3.1 Cilindro hidráulico

Se ha elegido el sistema de cilindro hidráulico debido a su capacidad de realizar un movimiento rectilíneo de forma lineal. El fluido entra en los cilindros empujando un embolo que hace desplazar el vástago que aplica la fuerza, y estos se se pueden clasificar en dos tipos principales: de simple y doble efecto.

Cilindros de efecto simple

Realizan trabajo en un único sentido de movimiento. Un muelle u otro tipo de sistema externo hace retroceder el embolo a su posición inicial, y unas juntas de estanqueidad colocadas sobre el pistón y el vástago evitan las fugas y pérdidas de fluido. Debido a la restricción del movimiento por el muelle, este tipo de cilindros solo se utiliza cuando la fuerza y movimiento requeridos son pequeños.

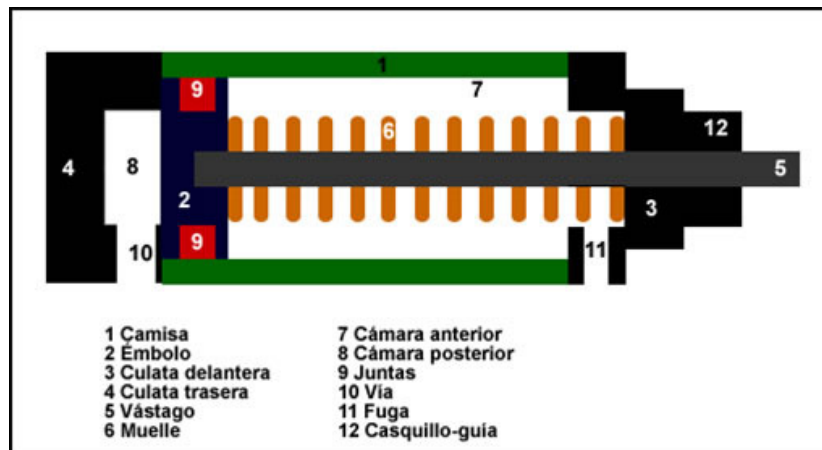


Figura 3.1. Cilindro de simple efecto. Fuente: www.sitioniche.nichese.com

Las diferencias con el cilindro de simple efecto son que el trabajo se realiza en ambos sentidos, y no incluyen ningún muelle o sistema de retorno adicional. Estos permiten realizar mayores carreras, además de posicionar el vástago en cualquier posición intermedia. Dentro de este tipo de cilindros se encuentran dos subgrupos:

- Cilindro diferencial: Formado por un solo vástago, con una relación de superficies de 2.1 (embolo – vástago). Se utiliza cuando solo se necesita realizar trabajo en un sentido.
- Cilindros de doble vástago: Tienen un vástago por las dos partes del embolo, y se utilizan cuando se requiere un movimiento en dos sentidos.

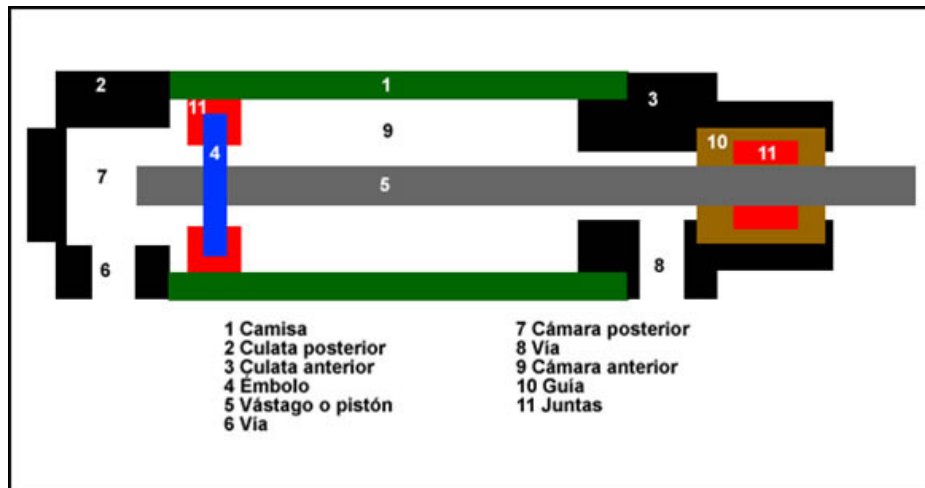


Figura 3.2. Cilindro de doble efecto. Fuente: www.sitioniche.nichese.com

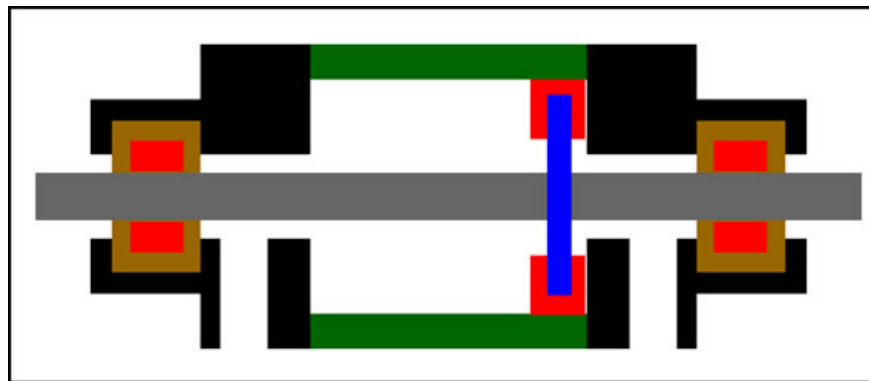


Figura 3.3. Cilindro de doble vástago. Fuente: www.sitioniche.nichese.com

El cilindro elegido finalmente es el de doble efecto con doble vástago, ya que el trabajo se realizara en ambos sentidos (tracción y compresión).

A pesar de que el recorrido máximo que se exige al cilindro durante un ensayo es bastante corto (200 mm), se procede a calcular el diámetro de vástago para evitar el pandeo.

Selección del diámetro de vástago:

El diámetro mínimo de vástago que se debe de tener para evitar el pandeo es, según la fórmula de Euler, el siguiente:

$$F = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{v \cdot L_k^2} \rightarrow I = \frac{v \cdot L_k^2 \cdot F}{\pi^2 \cdot E}$$

E = modulo de elasticidad del vástago (acero) = $2,1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$

F = fuerza a compresión a la que se somete

I = momento de inercia de la sección transversal del vástago en mm^4

Para una sección circular como en este caso: $I = \frac{\pi \cdot d^4}{64}$ $\rightarrow d = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot I}{\pi}}$

d = diámetro del vástago

v = factor de seguridad, depende de la aplicación del cilindro y oscila entre 2 y 5 = 3,5

$L_k = \beta \cdot L$. (Longitud equivalente en mm) = $2 \cdot 200 = 400$ mm

L = longitud de carrera del vástago = 200 mm

β = factor de pandeo = 2 (tomada de la figura 3.4)

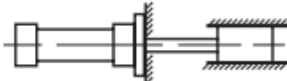
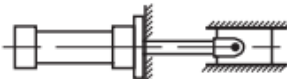
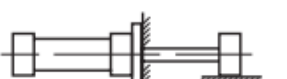
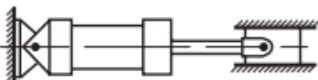
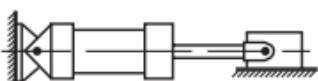
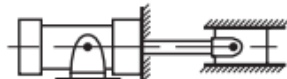

FORMA FIJACIÓN DEL CILINDRO CYLINDER MOUNTING FORM	PRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA ESQUEMATIC REPRESENTATION	FIJACIÓN EXTREMO VÁSTAGO PISTON ROD END	K K	OBSERVACIONES OBSERVATIONS
Brida frontal Front flange		Fijado y guía rígida Fixed and rigid guide	0,5	* **
		Articulado y guía rígida Jointed and rigid guide	0,7	**
		Apoyado y guía no rígida Supported and no rigid guide	2	
Charnelas Clevis		Articulado y guía rígida Jointed and rigid guide	2	**
		Apoyado y guía no rígida Supported and no rigid guide	4	
Bulones Trunnions		Articulado y guía rígida Jointed and rigid guide	1,5	**
		Apoyado y guía no rígida Supported and no rigid guide	3	

Figura 3.4. Selección del factor de pandeo. Fuente: www.roquet.brytebarcelona.com

$$I = \frac{v \cdot L_k^2 \cdot F}{\pi^2 \cdot E} = \frac{3,5 \cdot 400^2 \cdot 155738}{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5} = 42\,121,52 \text{ mm}^4$$

A partir de aquí podemos calcular el diámetro de vástago requerido:

$$d = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot I}{\pi}} = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot 42121,52}{\pi}} = 30,44 \text{ mm}$$

Probablemente no se fabrican vástagos con este diámetro exacto, por lo tanto habrá que escoger uno de los existentes que se asemeje superiormente. El escogido es el de 35 mm.

En la siguiente tabla se presentan los vástagos existentes de un catalogo que se usa para la selección.

REF.	Ø VAST. ROD	Ø PISTÓN	CARRERA Z STROKE	E	D	F	G	H	I	J	K	L	M	N BSP
8300/Z	20	32	50 - 2000	127 + Z	M14x1,5	13	16	18	35	20	26	12	42	1/4
8301/Z	22	40	50 - 2000	122 + Z	M16x1,5	16	20	22	40	25	32	16	50	3/8
8302/Z	25													
8303/Z	28													
8304/Z	25													
8305/Z	28	50	50 - 2000	132 + Z	M20x1,5	20	25	28	48	28	40	20	60	3/8
8306/Z	30													
8307/Z	35													
8308/Z	30													
8309/Z	35	60	50 - 2000	138 + Z	M27x2	25	32	36	58	32	50	25	70	3/8
8310/Z	40													
8311/Z	36													
8312/Z	40													
8313/Z	45	70	50 - 2000	146 + Z	M27x2	25	32	36	58	32	50	25	80	3/8
8314/Z	35													
8315/Z	40													
8316/Z	45													
8317/Z	36	80	50 - 2000	171 + Z	M33x2	32	40	45	68	45	64	32	95	3/8
8318/Z	40													
8319/Z	45													
8320/Z	50													
8321/Z	56	100	50 - 2000	193 + Z	M42x2	40	50	56	85	55	80	40	115	1/2
8322/Z	45													
8323/Z	50													
8324/Z	56													
8325/Z	60	125	50 - 2000	260 + Z	M48x2	50	60	63	92	65	100	50	145	3/4
8326/Z	70													
8327/Z	70													
8328/Z	90													
8329/Z	80	140	50 - 2000	293 + Z	M64x3	56	65	85	120	70	112	56	160	3/4
8330/Z	90													
8331/Z	110													
8332/Z	110													

Figura 3.5. Catalogo de cilindros de CICROMUR. Fuente: www.cicromur.com

Selección del diámetro de pistón:

Como se aprecia en el extracto de catalogo anterior, para el vástago de 35 mm de diámetro, se puede emplear diferentes diámetros de pistón. El criterio de selección de diámetro de pistón será en función de la presión que será capaz de soportar el cilindro.

Determinación de la presión necesaria:

Utilizando los límites indicados por el fabricante para este tipo de cilindros (figura 3.6.) se puede comprobar si la presión es adecuada:

Presión máxima de utilización:	200 bar
Presión de prueba:	300 bar
Velocidad máxima de utilización:	0,5m/segundo

Figura 3.6. Características del cilindro de doble efecto. Fuente: www.cicromur.com

Presion máxima = 200 bar = 2000 N/cm²

Considerando la fuerza de aplicación calculada anteriormente $F = 155\,738,85\text{ N}$, se tiene que cumplir que:

$$P = \frac{F}{\text{Area piston}} = \frac{F}{\pi \cdot r^2}$$

Se prueban los diferentes diámetros existentes de este fabricante:

$$D_{\text{piston}} = 60\text{ mm}; P = \frac{155738,85}{\pi \cdot 60^2} = 13,77\text{ N/mm}^2 = 137,7\text{ bar}$$

$$D_{\text{piston}} = 50\text{ mm}; P = \frac{155738,85}{\pi \cdot 50^2} = 19,83\text{ N/mm}^2 = 198,3\text{ bar}$$

$$D_{\text{piston}} = 40\text{ mm}; P = \frac{155738,85}{\pi \cdot 40^2} = 30,98\text{ N/mm}^2 = 309,8\text{ bar}$$

Por lo tanto, ya que la presión máxima a la que se puede utilizar el cilindro es de 200 bar, el radio mínimo de pistón tiene que ser de 50 mm.

3.2 Cálculo de esfuerzos

Las fuerzas aplicadas en los apartados anteriores sirven para determinar los esfuerzos máximos a los que pueden llegar a someterse los elementos de soporte de la muestra. Se han realizado los cálculos y diagramas de esfuerzos, así como la selección de posibles soluciones para los siguientes elementos de acero, indicados en la figura 3.7.

- 1 – Separador central
- 2 – Soporte vertical
- 3 – Fijación cilindro-losa

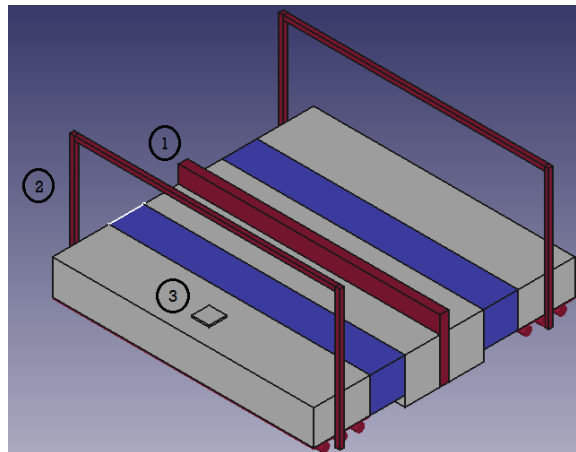


Figura 3.7. Elementos de acero considerados en el cálculo de esfuerzos

1 – Separador central

El separador central de acero va fijado al marco perimetral, y tiene que soportar la tensión resultante del movimiento lateral y en cizalla horizontal (ver figura 3.8.). Se puede suponer que la carga se reparte equitativamente sobre toda la longitud del elemento.

$$\begin{aligned} \text{Carga aplicada} &= \frac{150\,073,45\text{ N}}{1,5\text{ m}} = \\ &= 100\,048,97\text{ N/m} \end{aligned}$$

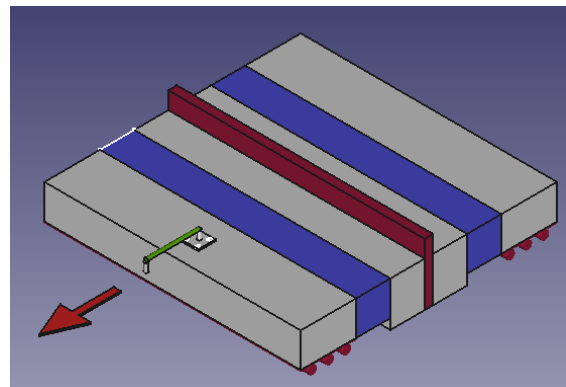
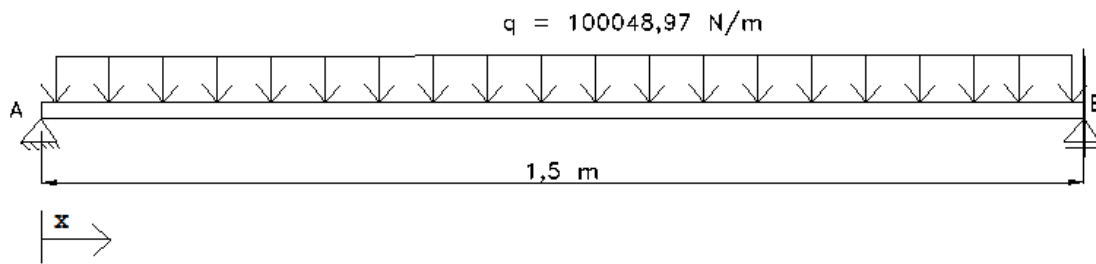


Figura 3.8. Esquema de la carga aplicada en el elemento 1. Separador central

Siendo su diagrama de esfuerzos el siguiente:



$$\sum F = 0 \rightarrow R_{AV} + R_{BV} - 100048,97 \cdot 1,5 = 0$$

$$R_{AV} = R_V$$

$$R_{AV} = R_{BV} = 75\,036,73\text{ N}$$

Seguidamente se define la fuerza tangencial T1 que sufre la viga en función de la distancia 'X', la fuerza normal N1, y el momento resultante M1:

	T1 [N]	N1 [N]	M1 [N·m]		
Tramo AB	75036,73- 100048,97·x	0	75036,73·x-	x=0 m	0
			100048,97·x ²	x=0.75 m	28138,77

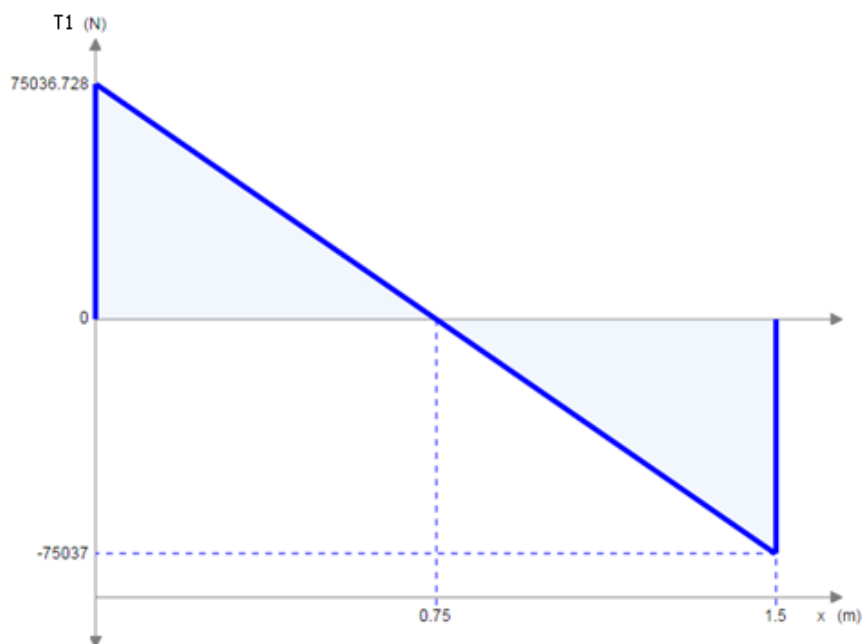


Figura 3.9. Fuerza tangencial T1 del tramo AB

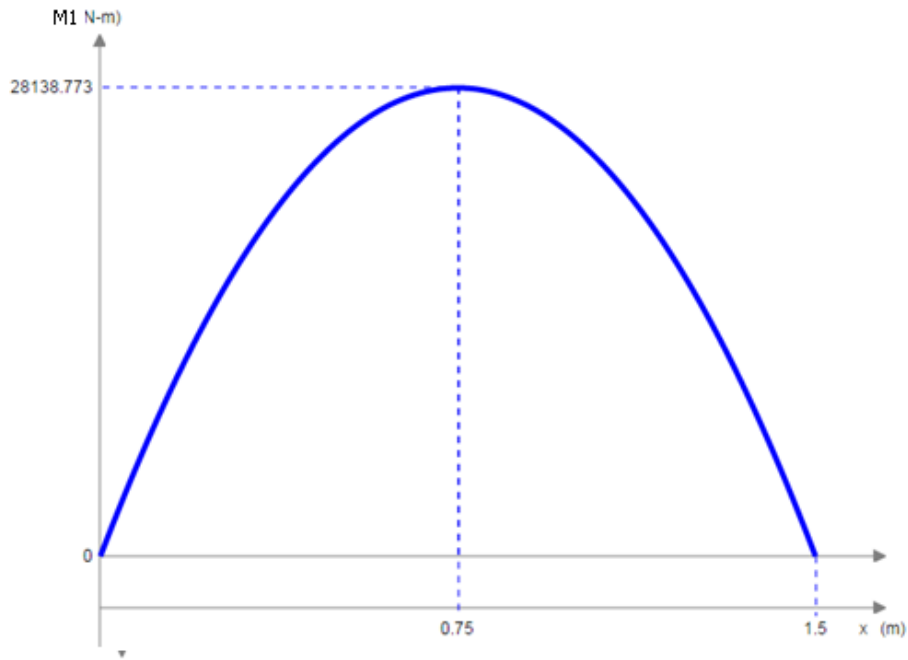


Figura 3.10. Momento M1 del tramo AB

Las fuerzas máximas resultantes por lo tanto son las siguientes:

Tangencial T1 = 75 036,73 N

Normal N1 = 0 N

Momento M1 = 28 138.77 N·m

En la figura 3.11. se representan los esfuerzos resultantes en la sección de un perfil 'I' normalizado. En rojo están señalados los posibles puntos críticos donde la tensión es máxima, y por lo tanto son los que se utilizaran para buscar las dimensiones del perfil adecuado a partir de las tablas de módulos resistentes de varios tipos de perfiles.

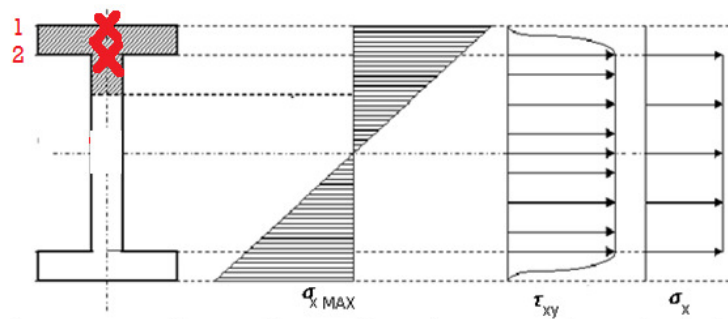


Figura 3.11. Representación de tensiones debido a T1, N1 y M1 en un perfil normalizado

$$\sigma_{x \text{ MAX}} = \frac{M_x}{I_x} \cdot y \quad \tau_{xy \text{ MAX}} = \frac{T_y \cdot S_x}{t \cdot I_x}$$

Punto 1)

$$\sigma_{x \text{ MAX}} = \frac{28138,77}{W_x} \leq 255/1,33 = 191,73 \rightarrow W_x \geq 146,76 \text{ cm}^3$$

De la tabla de perfiles los adecuados serian los perfiles de IPN-180 e IPE-200.

Se elije el perfil **IPN-180** debido a que tiene un área de sección menor.

Perfiles IPN																					
Perfil	Dimensiones							Términos de sección										Agujeros			Peso p kp/m
	h mm	b mm	e = r mm	e ₁ mm	r ₁ mm	h ₁ mm	u mm	A cm ²	S _x cm ³	I _x cm ⁴	W _x cm ³	i _x cm	I _y cm ⁴	W _y cm ³	i _y cm	I _t cm ⁴	I _a cm ⁶	w mm	a mm	e ₂ mm	
IPN 80	80	42	3,9	5,9	2,3	59	304	7,58	11,4	77,8	19,5	3,20	6,29	3,00	0,91	0,93	87,5	22	-	4,43	5,95
IPN 100	100	50	4,5	6,8	2,7	75	370	10,6	19,9	171	34,2	4,01	12,2	4,88	1,07	1,72	268	28	-	5,05	8,32
IPN 120	120	58	5,1	7,7	3,1	92	439	14,2	31,8	328	54,7	4,81	21,5	7,41	1,23	2,92	685	32	-	5,67	11,2
IPN 140	140	66	5,7	8,6	3,4	109	502	18,3	47,7	573	81,9	5,61	35,2	10,7	1,40	4,66	1540	34	11	6,29	14,4
IPN 160	160	74	6,3	9,5	3,8	125	575	22,8	68,0	935	117	6,40	54,7	14,8	1,55	7,08	3138	40	11	6,91	17,9
IPN 180	180	82	6,9	10,4	4,1	142	640	27,9	93,4	1450	161	7,20	81,3	19,8	1,71	10,3	5924	44	13	7,53	21,9
IPN 200	200	90	7,5	11,3	4,5	159	709	33,5	125	2140	214	8,00	117	26,0	1,87	14,6	10520	48	13	8,15	26,3

Perfiles IPE																					
Perfil	Dimensiones							Términos de la sección										Agujeros			Peso p kp/m
	h mm	b mm	e mm	e ₁ mm	r mm	h ₁ mm	u mm	A cm	S _x cm ³	I _x cm ⁴	W _x cm ³	i _x cm	I _y cm ⁴	W _y cm ³	i _y cm	I _t cm ⁴	I _a cm ⁶	w mm	a mm	e ₂ mm	
IPE 80	80	46	3,8	5,2	5	60	328	7,64	11,6	80,1	20,0	3,24	8,49	3,69	1,05	0,721	118	-	-	3,8	6,00
IPE 100	100	55	4,1	5,7	7	75	400	10,3	19,7	171	34,2	4,07	15,9	5,79	1,24	1,140	351	-	-	4,1	8,10
IPE 120	120	64	4,4	6,3	7	93	475	13,2	30,4	318	53,0	4,90	27,7	8,65	1,45	1,770	890	35	-	4,4	10,4
IPE 140	140	73	4,7	6,9	7	112	551	16,4	44,2	541	77,3	5,74	44,9	12,3	1,65	2,630	1981	40	11	4,7	12,9
IPE 160	160	82	5,0	7,4	9	127	623	20,1	61,9	869	109	6,58	68,3	16,7	1,84	3,640	3959	44	13	5	15,8
IPE 180	180	91	5,3	8,0	9	146	698	23,9	83,2	1320	146	7,42	101	22,2	2,05	5,060	7431	48	13	5,3	18,8
IPE 200	200	100	5,6	8,5	12	159	788	28,5	110	1940	194	8,26	142	28,5	2,24	6,670	12990	52	13	5,6	22,4

Figura 3.12. Tablas de propiedades de perfiles IPN e IPE. Fuente: www.ugr.es

Punto 2)

Al haber la combinación de esfuerzos en este punto, se aplica la expresión de Von

$$\text{Mises: } \sigma_{x \text{ MAX}} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3 \cdot \tau^2} \leq \frac{255}{1,33}$$

$$\sqrt{\sigma_x^2 + 3 \cdot \tau^2} = \sqrt{\left(\frac{28138770}{I_x} \cdot \frac{h_a}{2}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{75036,73}{t \cdot h_a}\right)^2} \leq \frac{255}{1,33}$$

t : Espesor del alma del perfil (mm)

h_a : altura del alma del perfil (mm)

Probando con el perfil IPN-180 resulta en una tensión de $191,26 \text{ N/mm}^2 \leq \frac{255}{1,33}$

Perfil	$I_x [\text{mm}^4]$	Espesor t [mm]	h_a [mm]	$\sigma_{x \text{ MAX}} [\text{N/mm}^2]$
IPN-180	14500000	6,9	142	191,26

2 – Soporte vertical

El soporte vertical se somete al esfuerzo del cilindro hidráulico que se sujeta al centro del soporte, representándose con una fuerza puntual en la mitad de la estructura de la siguiente manera:

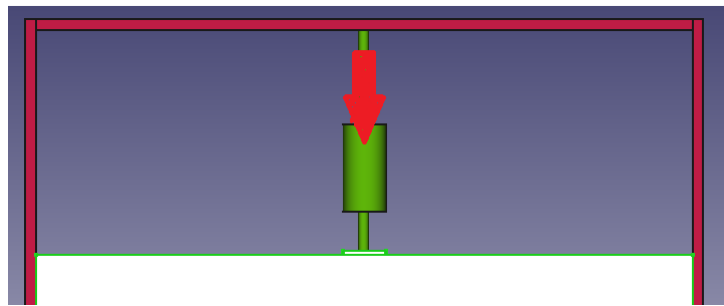
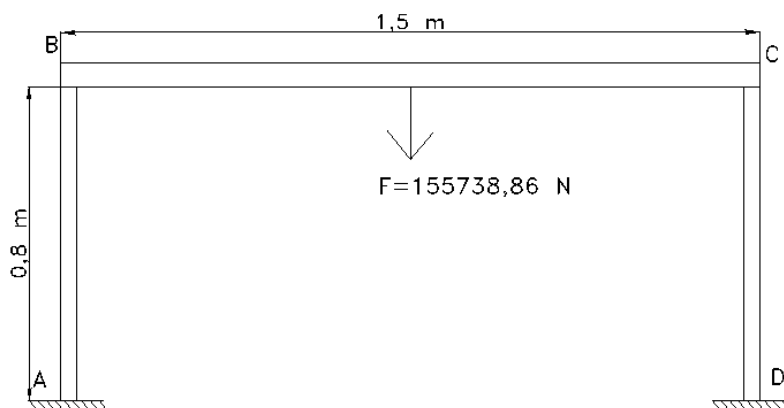


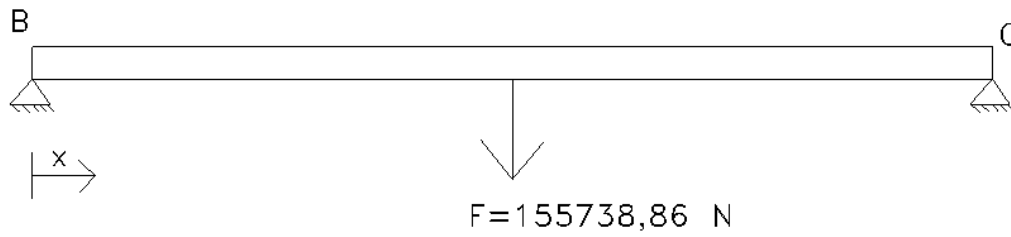
Figura 3.13. Esquema de la carga aplicada en el elemento 2

Fuerza aplicada = 155 738,86 N

Siendo su diagrama de esfuerzos el siguiente:



Nota: La longitud las barras AB y CD se ha fijado en 0,8 m para realizar los cálculos.

Tramo BC

$$\sum F = 0 \rightarrow R_{BV} + R_{CV} - 155738,86 = 0$$

$$R_{BV} = R_{CV}$$

$$R_{BV} = R_{CV} = 77\,869,43 \text{ N}$$

	T2 [N]	N2 [N]	M2 [N·m]			
Tramo BC	77 869,43	0	0 < x < 0.75 m	77869,43 · x	x = 0.75 m	58 402
			0,75 m < x < 1.5 m	58402 - 7786.43 · x		

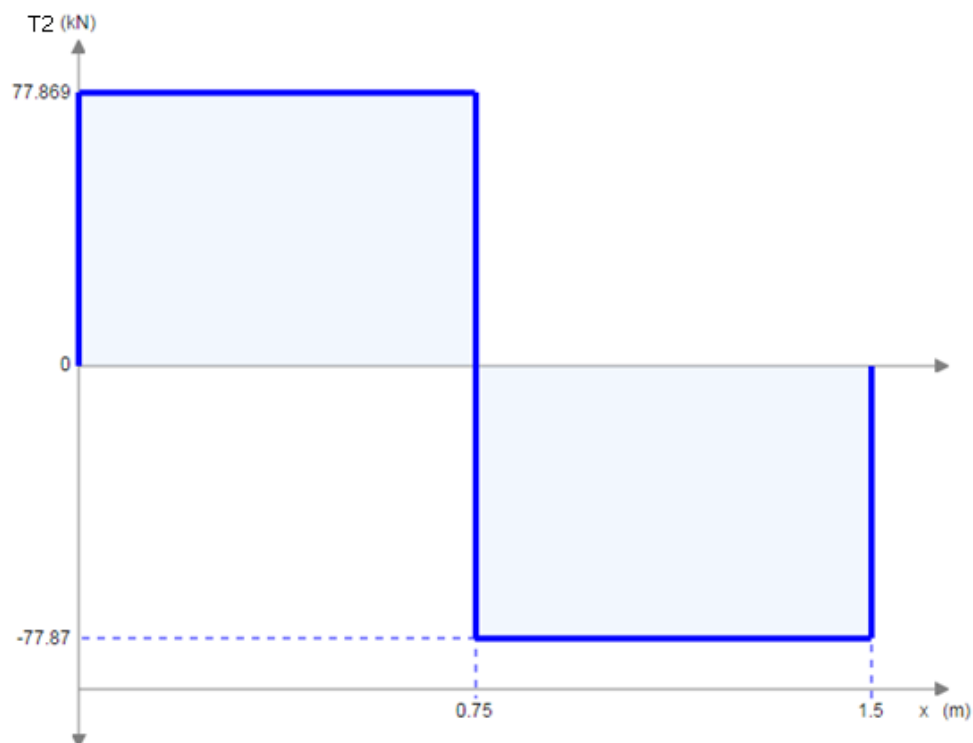


Figura 3.14. Fuerza tangencial T2 del tramo BC

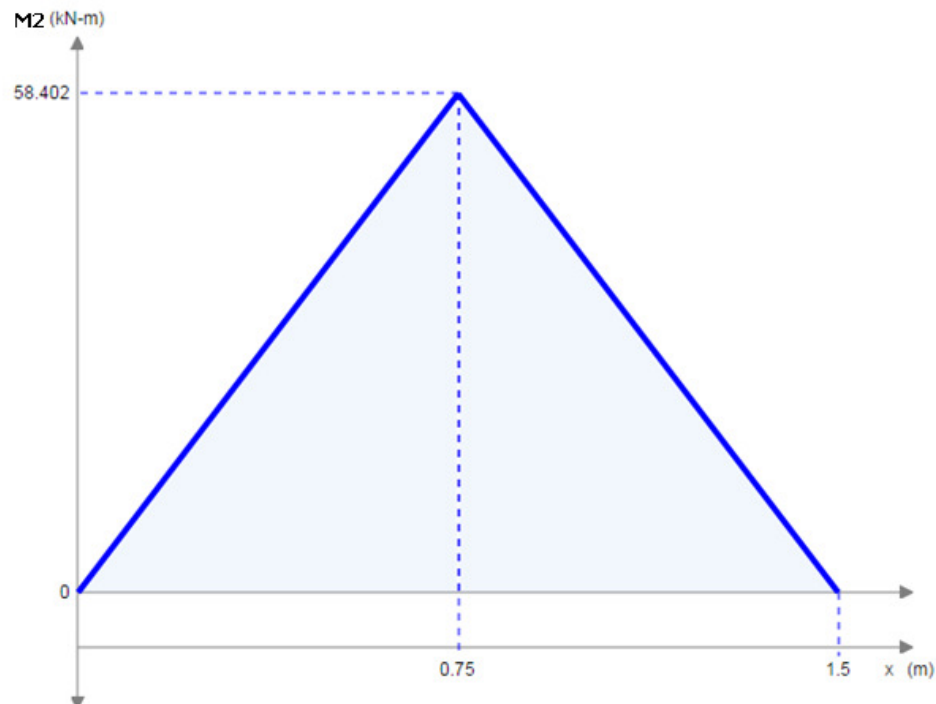


Figura 3.15. Momento M2 del tramo BC

Las fuerzas máximas resultantes por lo tanto son las siguientes:

Tangencial T2 = 77 869 N

Normal N2= 0 N

Momento M2= 58 402 N·m

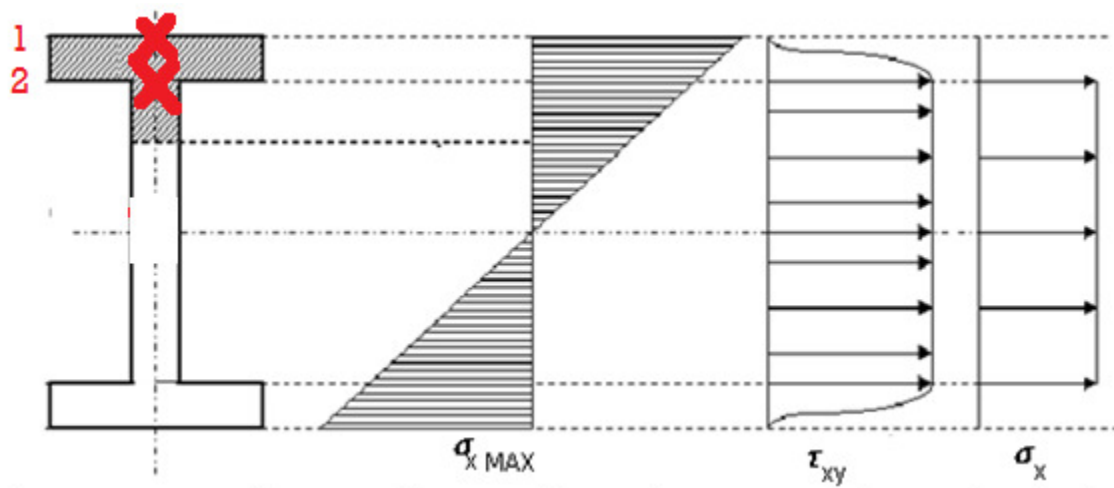


Figura 3.16: Representación de tensiones debido a T , N y M en un perfil normalizado

$$\sigma_{x \text{ MAX}} = \frac{M_x}{I_x} \cdot y \quad \tau_{xy \text{ MAX}} = \frac{T_y \cdot m_x}{I_x}$$

Punto 1)

$$\sigma_{x \text{ MAX}} = \frac{58402}{W_x} \leq 255/1,33 = 191,73 \rightarrow W_x \geq 304,61 \text{ cm}^3$$

Perfiles IPE																					
Perfil	Dimensiones							Términos de la sección										Agujeros			Peso p kp/m
	h mm	b mm	e mm	e ₁ mm	r mm	h ₁ mm	u mm	A cm	S _x cm ³	I _x cm ⁴	W _x cm ³	i _x cm	I _y cm ⁴	W _y cm ³	i _y cm	I _t cm ⁴	I _a cm ⁶	w mm	a mm	e ₂ mm	
IPE 80	80	46	3,8	5,2	5	60	328	7,64	11,6	80,1	20,0	3,24	8,49	3,69	1,05	0,721	118	-	-	3,8	6,00
IPE 100	100	55	4,1	5,7	7	75	400	10,3	19,7	171	34,2	4,07	15,9	5,79	1,24	1,140	351	-	-	4,1	8,10
IPE 120	120	64	4,4	6,3	7	93	475	13,2	30,4	318	53,0	4,90	27,7	8,65	1,45	1,770	890	35	-	4,4	10,4
IPE 140	140	73	4,7	6,9	7	112	551	16,4	44,2	541	77,3	5,74	44,9	12,3	1,65	2,630	1981	40	11	4,7	12,9
IPE 160	160	82	5,0	7,4	9	127	623	20,1	61,9	869	109	6,58	68,3	16,7	1,84	3,640	3959	44	13	5	15,8
IPE 180	180	91	5,3	8,0	9	146	698	23,9	83,2	1320	146	7,42	101	22,2	2,05	5,060	7431	48	13	5,3	18,8
IPE 200	200	100	5,6	8,5	12	159	788	28,5	110	1940	194	8,26	142	28,5	2,24	6,670	12990	52	13	5,6	22,4
IPE 220	220	110	5,9	9,2	12	178	848	33,4	143	2770	252	9,11	205	37,3	2,48	9,150	22670	58	17	5,9	26,2
IPE 240	240	120	6,2	9,8	15	190	922	39,1	183	3890	324	9,97	284	47,3	2,69	12,00	37390	65	17	6,2	30,7

El perfil adecuado por lo tanto es el **IPE-240**, siguiendo los mismos criterios que en la elección del perfil anterior.

Punto 2)

Al haber la combinación de esfuerzos en este punto, se aplica la expresión de Von

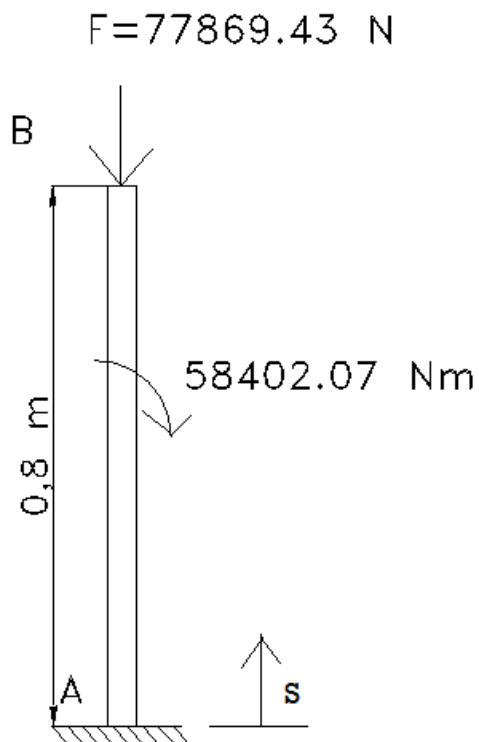
$$\text{Mises: } \sigma_{x \text{ MAX}} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3 \cdot \tau^2} \leq \frac{255}{1,33}$$

$$\sqrt{\sigma_x^2 + 3 \cdot \tau^2} = \sqrt{\left(\frac{58402000}{I_x} \cdot \frac{h_a}{2}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{77869}{t \cdot h_a}\right)^2} \leq \frac{255}{1,33}$$

t : Espesor del alma del perfil (mm)

h_a : altura del alma del perfil (mm)

Probando con el perfil IPE-240 resulta en una tensión de $182,89 \text{ N/mm}^2 \leq \frac{255}{1,33}$

Tramo AB y CD

$$\sum F = 0 \rightarrow R_A - 77869.43 = 0$$

$$R_{AV} = 77869.43 \text{ N}$$

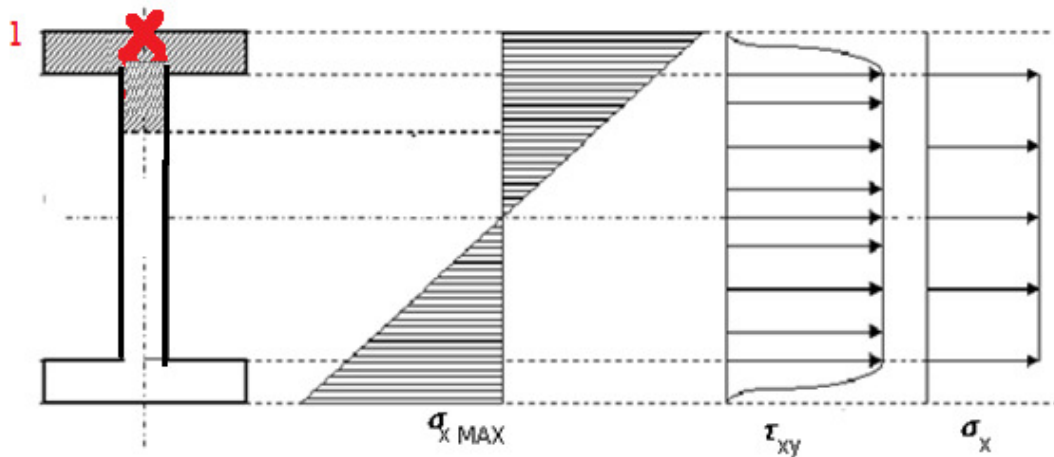
	T3 [N]	N3 [N]	M3 [N·m]
Tramo AB	0	77869.43	$M_A = -58402.07$

Las fuerzas máximas resultantes por lo tanto son las siguientes:

Tangencial = 0 N

Normal = 77 869 N

Momento = 58 402 N·m



$$\sigma_{x \text{ MAX}} = \frac{M_x}{I_x} \cdot y \quad \sigma_x = \frac{N_x}{A}$$

Punto 1)

$$\sigma_{x \text{ MAX}} = \frac{58402}{W_x} + \frac{77869}{A} \leq 255/1,33 = 191,73$$

Ya que en este punto la tensión depende de tanto el modulo W_x como el área de la sección, se prueban diferentes perfiles IPE e IPN para encontrar el mínimo cuyas propiedades cumplan el requisito:

Perfil	$W_x \text{ (cm}^3\text{)}$	Área (cm ²)	$\sigma_{x \text{ MAX}} \text{ (N/mm}^2\text{)}$
IPE-240	324	39,1	200,17
IPE-270	429	45,9	153,10
IPN-240	354	46,1	181,87

Tanto el perfil IPE-270 como el IPN-240 cumplen con la tensión máxima, pero al tener el **IPE-270** un área de sección menor, resulta en una solución óptima.

3.3 Fijación cilindro-losa

Considerando las tensiones resultantes en los pasadores y la placa de anclaje debido a la fuerza del cilindro, se calculan las dimensiones mínimas de estos elementos para evitar diferentes fallos. No se dimensiona ni se considera el tipo de articulación que usada. Se considera que el acero usado es S-255, la resistencia a la compresión del hormigón es de 20 N/mm^2 , y la fuerza aplicada es la de $F = 150\,073,45 \text{ N}$.

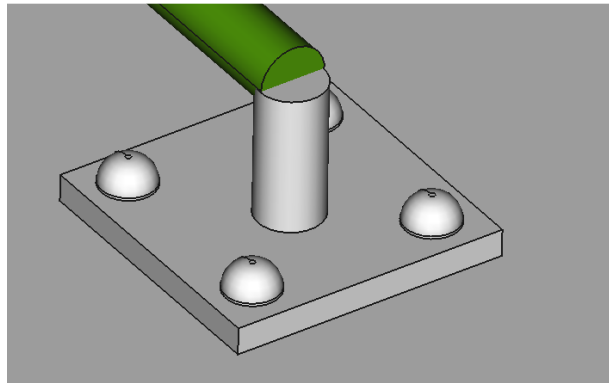
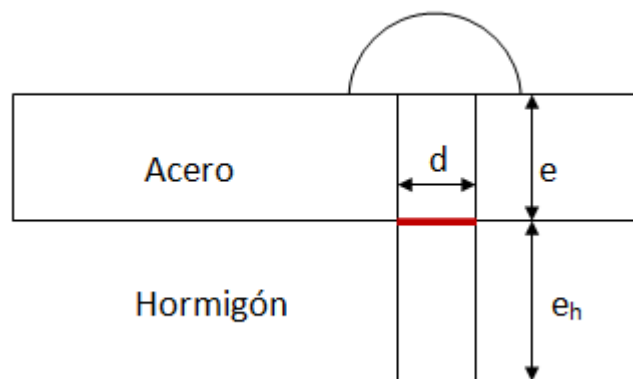


Figura 3.17: Simulación de la fijación usada con 4 pasadores

Ya que la fuerza aplicada se reparte entre 4 tornillos, se analiza un solo tornillo con una fuerza aplicada de $F/4 = 37\,518,36 \text{ N}$.



Dimensiones de tornillos

Fallo por cortante:

$$\tau = \frac{F}{N \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d^2} = \frac{37518,36}{1 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d^2} \leq \tau_{adm} = 0,65 \cdot \frac{255}{1,33} \rightarrow d \geq 19,58 \text{ mm} \approx \mathbf{20 \text{ mm}}$$

Fallo por aplastamiento del acero:

$$\sigma = \frac{F}{N \cdot e \cdot d} = \frac{37518,36}{1 \cdot e \cdot 20} \leq \sigma_{adm} = 2 \cdot \frac{255}{1,33} \rightarrow e \geq 4,98 \text{ mm} \approx \mathbf{5 \text{ mm}}$$

Fallo por aplastamiento del hormigón:

Considerando una resistencia al compresión del hormigón de 20 Mpa:

$$\sigma = \frac{F}{N \cdot e_h \cdot d} = \frac{37518,36}{1 \cdot e_h \cdot 20} \leq \sigma_{adm} = 2 \cdot \frac{20}{1,33} \rightarrow e_h \geq 62,37 \text{ mm} \approx \mathbf{63 \text{ mm}}$$

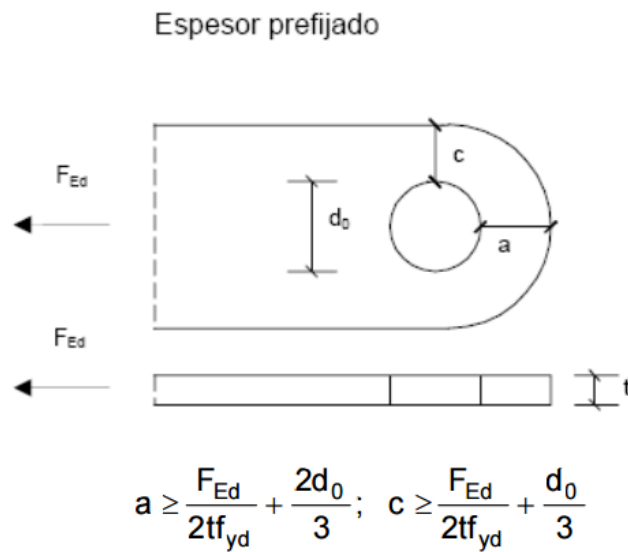
Dimensiones de la placa de anclaje

Siguiendo el apartado 8.5.4. *Pasadores*, del Documento Básico de Seguridad Estructural – Acero (bibliografía [1]), se calculan las dimensiones mínimas de la placa de anclaje.

$$f_y = 255 / 1,05 = 242,86$$

$$a \geq \frac{37518,36}{2 \cdot 5 \cdot 242,86} + \frac{2 \cdot 20}{3} = \mathbf{28,78 \text{ mm}}$$

$$c \geq \frac{37518,36}{2 \cdot 5 \cdot 242,86} + \frac{20}{3} = \mathbf{22,12 \text{ mm}}$$



Si se pretende usar la misma placa de anclaje para ambos movimientos, lateral y en cizalla, las dimensiones a y c deben de ser iguales, y por lo tanto se tomara como valor mínimo el más restrictivo de los dos.

$$\mathbf{a = c = 28,78 \approx 29 \text{ mm}}$$

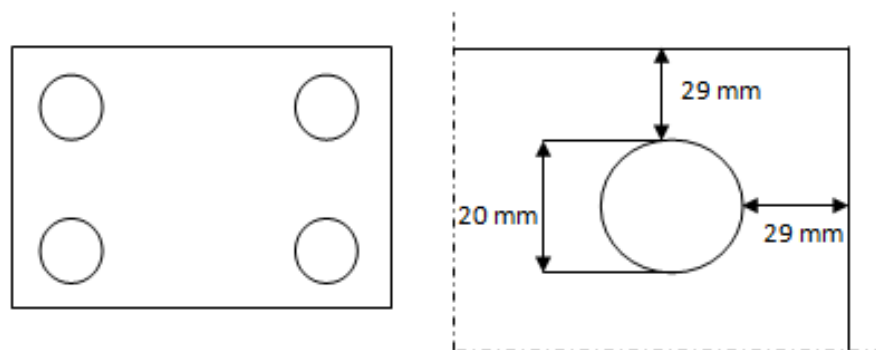


Figura 3.18: Dimensiones mínimas de la placa de anclaje

4. PRESUPUESTO

En el siguiente apartado se especificaran los gastos aproximados, considerando los costes tanto directos como indirectos, de llevar a cabo este proyecto. Se quiere destacar el hecho de que algunos elementos del sistema y el diseño no han sido especificados con suficiente detalle como para poder calcularse su coste de producción. El coste final dependerá en gran medida de los materiales y recursos disponibles por parte del laboratorio y sus proveedores.

Los costes totales directos e indirectos del proyecto se calculan en base al coste del servicio del personal, considerando el tiempo dedicado a la realización del trabajo, y el coste de materiales y equipos necesarios para la fabricación del sistema.

Mano de obra y servicios:

El desarrollo del trabajo ha sido realizado por un ingeniero técnico, cuyo precio horario se puede calcular basándose en el coste de un ingeniero en prácticas. Considerando que el trabajo final de grado de la titulación de Grado de Ingeniería de tecnologías industriales tiene un peso de 12 créditos, con un estimación de dedicación de 25 horas por crédito.

El tiempo de construcción de la estructura del marco y soporte, la instalación del cilindro hidráulico, se puede aproximar como un día de jornada laboral de una pareja de obreros. El coste de la soldadura se calcula considerando un coste de 0,02 € por 1 cm soldado, incluyendo la mano de obra del soldador y el uso del material.

Cabe destacar que esto no incluye la instalación de las muestras con las losas de hormigón. Esta tarea se realiza con cada ensayo efectuado, y por lo tanto sus gastos se atribuyen al cliente patrocinador de ese ensayo.

Coste del ingeniero en prácticas	
Coste horario del ingeniero en practicas	10€/h
Horas dedicadas	300h
Total	3 000€

Coste mano de obra	
Coste horario de obreros	16€/h
Horas dedicadas	8h
Longitud soldada	152 cm
Coste soldadura por longitud	0,2 €/cm
Total	158,40 €

Materiales:

Para calcular el coste de la estructura y marco de acero se ha basado en el volumen de acero utilizado en el caso teórico de que se empleen las vigas de perfiles descritos en los apartados anteriores.

Coste material de acero	
Volumen Perfil IPN-180	4185 cm ³
Volumen Perfil IPE-240	5865 cm ³
Volumen Perfil IPE-270	7344 cm ³
Rodillos de acero	589 cm ³
Pletinas de acero	1000 cm ³
Volumen total	18983 cm ³
Densidad acero	8750 kg/m ³
Peso total	166,10 kg
Precio acero (€/kg)	2 €/kg
Total	332 €

Otros materiales	
Cilindros hidráulicos	2 000 €
Sensores de posición por cable	500 €
Total	2 500 €

Por otro lado, se suma el coste de realizar las soldaduras necesarias para la fabricación de la estructura. Se ha considerado

Costes indirectos

Se ha considerado un coste de la luz, teléfono y uso de las instalaciones y software necesarios para la realización del trabajo, así como la compra de la norma UNE-EN 1366-4, para los ensayos de fuego de sellados de junta lineal, comprada a través de AENOR.

Coste uso luz, internet, teléfono, instalaciones y software: **80€**

Norma UNE-EN 1366-3 a través de AENOR: **50,34 €***

*A pesar de que la norma también es necesaria para la realización de los ensayos, su coste íntegro se asumirá en la realización de este proyecto.

Coste total del proyecto:	6 120 €
----------------------------------	----------------

5. PLANIFICACIÓN

Para la planificación del proyecto, y organización de las tareas que se realizan se han utilizado las técnicas usadas en la asignatura de Gestión de Proyectos. Se empieza por determinar las actividades que se tiene que realizar y su tiempo de duración.

Existen 4 puntos críticos en este proyecto que se deben de tener en cuenta:

- Evaluación parcial del trabajo (Durante el periodo de exámenes parciales de ETSEIB)
- Fin de periodo de prácticas en APPLUS. A partir de este día ya no se podrá hacer ninguna consulta a los técnicos del laboratorio, ni comprobar elementos en persona. (30/06)
- Depósito de la memoria del trabajo final (22/06 – 03/07)
- Presentación y defensa (06/07-17/07)

Las actividades principales que conforman el desarrollo del trabajo son las siguientes:

Actividades	
1	Planificación preliminar de las actividades previstas
2	Consulta con los técnicos del laboratorio
3	Recopilación de datos y análisis de la norma EN-1366:4
4	Definir el alcance del trabajo
5	Analizar precedentes y soluciones existentes
6	Estudiar los esfuerzos necesarios y tipo de solución
7	Plantear alternativas
8	Diseño conceptual
9	Consultar con responsables del laboratorio la viabilidad de la solución propuesta
10	Diseño específico y dimensionado
11	Presupuesto
12	Conclusiones
13	Redactado final de la memoria
14	Depósito de la memoria

Con estas actividades se elabora un diagrama de GANTT usando unas fechas aproximadas de finalización.

Actividad \Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1) Planificación preliminar																
2) Consulta con técnicos del laboratorio																
3) Recopilación de datos y análisis de Norma																
4) Definir alcance																
5) Análisis de precedentes y soluciones existentes																
6) Estudio de esfuerzos y tipo de solución																
7) Alternativas																
8) Diseño conceptual																
9) Consulta con responsables la viabilidad de solución																
10) Diseño específico y dimensionado																
11) Presupuesto																
12) Conclusiones																
13) Redactado final																
14) Depósito de memoria																

6. CONCLUSIONES

Se puede considerar como cumplidos satisfactoriamente los siguientes objetivos del planteamiento del diseño del sistema para los sellados de juntas:

- Cumplir requisitos de la Norma EN 1366-4 ✓
- Abarcar el rango completo de sellados y fabricantes conocidos hasta la fecha ✓
- Minimizar el impacto ambiental en la medida de lo posible ✓
- Minimizar costes tanto de la fabricación del sistema como del proceso durante cada ensayo ✓

No se ha querido detallar la viabilidad económica de la realización de este tipo de ensayos debido a que dependerán en gran parte de la cantidad de ensayos previstos a realizar, y por lo tanto queda en manos de la dirección del laboratorio a decidir.

Por último es necesario destacar que el diseño propuesto es bastante flexible a la hora de sufrir cambios, y por ello no se ha creado un diseño muy detallado o dimensionado completamente. A la hora de llevarse a cabo el proyecto se tendrá que emplear elementos y productos que estén disponibles en ese momento y o que se ajusten al presupuesto deseado, como por ejemplo el cilindro hidráulico, el lubricante, o los elementos de acero.

BIBLIOGRAFIA

- [1] *Código Técnico de la Edificación. Documento Básico SE-A Seguridad Estructural: Acero*, Septiembre 2007.
- [2] Miguel Cervera Ruiz y Elena Blanco Díaz. (2004). *Mecánica de estructuras, Libro 2, Métodos de análisis*. Ediciones UPC.
- [3] Pedro Egea Gil. *Mecanismos Hidráulicos*. Gustavo Gili. ISBN: 9788425201974.
- [4] Norma UNE EN 1366-4:2008.


AGRADECIMIENTOS

Me gustaría expresar mi gratitud a aquellas personas que han hecho posible la realización de este proyecto. Agradecer a Daniel Clos, director del proyecto, por la atención prestada, los conocimientos adquiridos, y la información facilitada.

Agradecer también a los compañeros del laboratorio del fuego de APPLUS que, a pesar de no considerarse el trabajo final parte de mi estancia de prácticas, no dudaron en dedicarme su tiempo y esfuerzo durante su realización.

ANEXOS

Anexo A: Fichas técnicas de sellados de juntas



MAXFLEX® 100 W


DATOS TÉCNICOS

Características del producto	
Aspecto general y color	Masilla gris
Densidad, (g/cm³)	1,35 ± 0,10
Condiciones de aplicación y curado	
Anchura máxima de junta, (mm)	40
Relación ancho:profundidad de la junta	2:1
Temperatura óptima de aplicación para soporte y ambiente, (°C)	5 – 35
Tiempo de formación de piel a 23 °C y 50% H.R., (min)	60 – 120
Velocidad de polimerización a 23 °C y 50% H.R., (mm/24 h)	2
Tiempo de curado para revestimiento/ inmersión, 23 °C y 50% R.H., (d)	3 / 10
Características del producto polimerizado	
Dureza Shore A, ISO 868	22
Módulo de elasticidad al 100%, DIN EN ISO 8340 (MPa)	0,3
Resistencia a tracción al 100%, NF P 85506 – ISO 11600 (MPa)	0,5
Alargamiento a rotura, NF P 85506 – ISO 11600 (%)	> 250
Recuperación elástica, NF P 85506 – ISO 11600 (%)	80
Descuelgue, DIN EN ISO 7390 (mm)	0
Elongación máx. de servicio, (%)	25
Temperatura de servicio, (°C)	-30 < T < +80
Aptitud para contacto con agua potable (Real Decreto 140/2003)	Apto
Rendimiento / Consumo*	
Rendimiento de un cartucho de 300 ml para junta de 10x10 mm (metro lineal)	Aprox. 2,9


* El consumo puede variar en función de las dimensiones de la junta, textura, porosidad y condiciones del soporte, así como del método de aplicación. Realizar una prueba in-situ para conocer su valor exacto.

GARANTÍA

La información contenida en este Boletín Técnico está basada en nuestra experiencia y conocimientos técnicos, obtenidos a través de ensayos de laboratorio y bibliografías. **DRIZORO® S.A.U.** se reserva el derecho de modificación del mismo sin previo aviso. Cualquier uso de esta información más allá de lo especificado no es de nuestra responsabilidad si no es confirmada por la Compañía de manera escrita. Los datos sobre consumos, dosificación y rendimientos son susceptibles de variación debido a las condiciones de las diferentes obras y deberán determinarse los datos sobre la obra real donde serán usados siendo responsabilidad del cliente. No aceptamos responsabilidades por encima del valor del producto adquirido. Para cualquier duda o consulta rogamos consulten a nuestro Departamento Técnico. Esta versión de Boletín Técnico sustituye a la anterior.



DRIZORO, S.A.U.
 C/ Primavera 50-52 Parque Industrial Las Monjas
 28850 TORREJÓN DE ARDOZ – MADRID (SPAIN)
 Tel. 91 076 00 70 - 91 077 01 75 Fax. 91 075 78 13
 e-mail: info@drizoro.com Web site: drizoro.com



n° E8021642/E8021643

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia o otros medios, sin el permiso y por escrito de los titulares del Copyright.



FR55 Solyplast

RESISTE AL FUEGO

Versión 07/2011

NATURALEZA DEL PRODUCTO

Silicona neutra alcoxi

DESCRIPCIÓN

Sellador de silicona neutra de un solo componente, que polimeriza en contacto con la humedad ambiental, transformándose en un caucho de silicona ideal para la realización de sellados y uniones que requieran resistencia al fuego en la construcción e industria.

Resiste el fuego hasta 4 horas en sellados en paredes o suelos, según norma Europea de ensayo EN 1366-4.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

- Curado neutro. No afecta a los soportes, incluyendo superficies porosas.
- Máxima elasticidad. Puede resistir movimientos del 25% en servicio constante.
- Aplicación en interiores y exteriores. Resistencia duradera a la exposición al sol y los agentes atmosféricos.
- Gran adhesión sin imprimación en numerosos soportes como: hormigón, cemento, granito, vidrios, metales, madera, PVC, etc.
- Resistencia al fuego directo.
- Certificado de Resistencia al Fuego EI240 según EN 1366-4.
- Ensayo ISO11600 (F&G 25LM)
- Ensayo DIN 18454 E

CAMPOS DE APLICACIÓN

Está recomendado para la realización de todo tipo de sellados en el campo de la construcción e industria, en los que se requiera resistencia al fuego, como por ejemplo:

- Juntas de dilatación y forjados
- Muros cortafuegos
- Juntas entre prefabricados.
- Juntas en muros cortina, fachadas, carpintería metálica y PVC
- Conductos de aire, paso de cables o tuberías
- Sellados en general sobre vidrio, aluminio, hormigón, PVC, etc.

SUPERFICIES

Vidrio, cristal, PVC, madera, metal, hormigón, granito, policarbonato, polimetacrilato, ABS, cemento...

Otros soportes deben ser ensayados previamente.

DATOS TÉCNICOS

Características del producto sin polimerizar:

Base	Silicona neutra alcoxi
Consistencia	Pasta tixotrópica
Densidad	Aprox. 1,4 g/cm ³ (ISO 2811-1)
Deslizamiento	Aprox. 0mm (ISO 7390)
Formación de piel	Aprox. 10 min. (23°C, 50% H.R.)
Velocidad de polimerización	2-3 mm./24 h. (23°C, 50% H.R., Sección 20*10mm ²)
Temperatura Aplicación	+5°C a +40°C

Características del producto polimerizado

Olor	Sin olor
Dureza Shore A	Aprox. 25 (DIN 53505)
Módulo al 100%	Aprox. ≤ 0,35 N/mm ² (ISO 8339-A)
Elongación a ruptura	Aprox. 400 % (ISO 8339-A)
Recuperación elástica	> 80% (ISO 7389, ext. 100%)
Resistencia térmica	-50°C a 120°C

ENSAYOS / CERTIFICACIONES

Certificación de resistencia al fuego de hasta 4 horas según norma Europea de ensayo EN 1366-4, para juntas de sellado lineales.

Ensayo ISO 11600 (F&G 25LM)

Ensayo DIN 18454 E

RECOMENDACIONES ADICIONALES

No debe aplicarse sobre materiales que puedan exudar algún componente con el tiempo y afectar a la adhesión.

No debe utilizarse para aplicaciones en contacto con alimentos.



Yeşilbayır Mahallesi, Şimşir Sokak, No.22 Hadimköy - İstanbul - T
T. +90 212 771 13 71 • F. +90 212 771 38 88 www.akfix.com • info@akfix.com

TECHNICAL DATA SHEET (TDS)

7 – RESTRICCIONES

- Almacenamiento, por encima + 25° C o inferiores a 5° C acorta la vida útil.
- Almacenar y transportar en posición vertical.
- Debe mantenerse a temperatura ambiente durante al menos 12 horas antes de la aplicación.
- La espuma una vez curada se decolora si se expone a la luz ultravioleta.
- Las bajas temperaturas disminuyen el rendimiento y aumentan el tiempo de curado.

8 – SEGURIDAD Y SALUD

- Contiene Metileno difenilo 4,4'-disocianato. Irrita los ojos, el sistema respiratorio y la piel.
- Nocivo por inhalación. No respirar el aerosol ni el vapor. Usar sólo en áreas bien ventiladas.
- Use ropa y guantes de protección adecuados.
- Recipiente a presión. Mantener alejado de la luz solar directa y no la exponga temperaturas superiores a 50° C.
- Mantener alejado de fuentes de ignición.
- No perforar ni quemar, incluso después de usado.
- Mantener fuera del alcance de los niños.


9 – CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Base:	Prepolímero de poliuretano	
Sistema de Curado:	Por humedad ambiental	
Gravedad específica:	22 ± 3 Kg/cm ³	(ASTM D1622)
Tiempo de secado al tacto (ancho de 1 cm):	7 ± 3 min	(ASTM C1620)
Tiempo de corte (anchura de 1 cm):	30-45 min	(ASTM C1620)
Tiempo de curado:	24 horas	
Color de la espuma:	Gris	
Rendimiento:	30 a 45 L	(ASTM C1536)
Expansión posterior:	200-250%	
Contracción:	0%	
Clasificación del fuego de la espuma curada:	B1	(EN 1366-4) (DIN 4102)
Conductividad térmica:	0,036 W / mk (a 20 ° C)	(DIN 52612)
Resistencia a la compresión:	0,03 MPa	(DIN 53421)
Absorción de agua:	máx. 1 vol%	(DIN 53428)
Resistencia a la temperatura:	+40 ° C a 80 ° C	
Temperatura de aplicación:	+5 ° C a +30 ° C	
Temperatura del bote:	5 ° C a 30 ° C	

Resultados de ensayo en Yıldız Technical University; Prueba EN 1366-4

Espesor de la pared	Dimensión de junta	Material de soporte	Resistencia al fuego en minutos
200mm	Ancho: 11 mm Profundidad: 200 mm	Ninguno	235 min. Clasificación al fuego EI 180
200mm	Ancho: 41 mm Profundidad: 200 mm	Ninguno	114 min. Clasificación al fuego EI 90
100mm	Ancho: 31 mm Profundidad: 100 mm	Ninguno	52 min. Clasificación al fuego EI 45
100mm	Ancho: 11 mm Profundidad: 100 mm	Ninguno	106 min. Clasificación al fuego EI 90

Anexo B: Ficha técnica del lubricante resistente al fuego ITWRC Aerosol de JELT



Réf ft005411

FICHE PRODUIT ET D'INFORMATIONS TECHNIQUES

GRAISSE HAUTES TEMPERATURES

Lubrifiant anti-grippant micro-métal

1. CARACTERISTIQUES PRINCIPALES

La GRAISSE HAUTES TEMPERATURES est un lubrifiant micro-métal de haute performance pour les cas extrêmes ; elle permet d'assurer une lubrification d'assemblages entre -20°C à +1200°C. Insensible à l'eau et à la corrosion, cette graisse sans silicone apporte en outre des propriétés d'étanchéité, d'anticorrosion, et demeure anti-grippante.

2. DOMAINE D'APPLICATION

La GRAISSE HAUTES TEMPERATURES trouve son application dans les domaines suivants :

- Joints et clapets de chaudières, brûleurs, régulateurs, convoyeurs,
- Pièces automobiles, cosses de batterie, chaînes, câbles, mécanismes de grues,
- Industrie chimique, matériels agricoles, travaux publics...

3. UTILISATION - MODE D'EMPLOI


Bien agiter l'aérosol de manière à décoller la bille. Éliminer les anciennes graisses, vaporiser par pressions courtes sur les assemblages à protéger. Faire pénétrer la graisse en manœuvrant les pièces lubrifiées. Après pulvérisation, purger l'aérosol la tête en bas pour éviter un bouchage par les particules métalliques.

4. CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES


Produit actif :

• Aspect :	liquide épais couleur métallique	• Point d'écoulement :	-10°C
• Fluide de base :	huile minérale	• Teneur en lubrifiants solides :	16%
• Viscosité de l'huile :	96 cSt à 40°C	• Coefficient de friction :	inférieur de 30% aux huiles ou graphite
• Masse volumique à 20°C :	0.80 g/cm ³	• Protection en chaleur humide :	5000 heures à 50°C - 100% H.R.
• Tenue en température :	-20°C à +1200°C	• Inflammable	
• Épaississant :	inorganique	• Ne contient pas de silicone	
• Point de goutte :	sans		
• Pénétrabilité :	310-340(NLGI 1)		

5. PRECAUTIONS D'EMPLOI


 Consulter la fiche de données de sécurité. Extrêmement inflammable. Nocif pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique. L'inhalation de vapeurs peut provoquer somnolence et vertiges. Récipient sous pression. A protéger contre les rayons solaires et ne pas exposer à une température supérieure à 50°C. Ne pas percer ou brûler, même après usage. Conserver hors de portée des enfants. Ne pas vaporiser vers une flamme ou un corps incandescent. Conserver à l'écart de toute flamme ou source d'étincelles – Ne pas fumer. Ne pas respirer les aérosols. En cas de ventilation insuffisante, porter un appareil respiratoire approprié. En cas d'ingestion, consulter immédiatement un médecin et lui montrer l'emballage ou l'étiquette. Utiliser cet aérosol uniquement pour les applications auxquelles il est destiné. Bien ventiler après usage.


6. CONDITIONNEMENT ET STOCKAGE

 Aérosol de 650ml (12 aérosols / carton). Référence 005411.
 A protéger contre les rayons solaires et à ne pas exposer à une température supérieure à 50°C.
 Conserver à l'abri de l'humidité et sous abri, dans un endroit bien ventilé et aéré.

Anexo C: Ficha técnica del sensor de desplazamiento por hilo






POSIWIRE®
WS10
Analog, SSI or CANopen Output





Very compact sensor for industrial applications

- Protection class IP65
- Measurement range 0 ... 100 mm to 0 ... 1250 mm
- Analog output or
A/D converted synchronous serial output (SSI) or
A/D converted CANopen output

Specifications	Outputs	Potentiometer 1 kΩ Voltage 0 ... 10 V Current 4 ... 20 mA, 2 or 3 wire Voltage or current output, programmable (PMUV/PMUI) A/D converted synchronous serial interface (SSI) A/D converted CANopen bus
Resolution		Analog: essentially infinite ADSI16: max. 16 bit f.s. ADCANOP: 16 bit f.s.
Linearity		Up to ±0.05% f.s.
Sensing device		Precision potentiometer
Material		Aluminum and stainless steel; cable: stainless steel
Protection class		IP65 (with mating connector only)
Connection		Male 8 pin socket M12 (ADCANOP: 5 pin socket)
Weight		800 g approx.
EMC, temperature		Refer to output specification

Anexo D: Anexo B de la Norma UNE EN 1366-4

AENOR

- 29 -

EN 1366-4:2006+A1:2010

ANEXO B (Normativo)**CONDICIONES NORMALIZADAS PARA LOS SELLADOS DE JUNTA LINEAL CON MOVIMIENTO INDUCIDO MECÁNICAMENTE DE LAS CARAS DE LAS JUNTAS****B.1 Generalidades**

Los dos parámetros que influyen en el efecto del movimiento inducido mecánicamente son la dirección del movimiento, la extensión del movimiento (desplazamiento) y el tiempo al que se impone el movimiento.

Los posibles tipos de movimiento son (véanse las figuras B.1 y B.2):

- lateral;
- cizalla (flexión);
- combinación de lateral y cizalla;
- rotacional.

La extensión del movimiento se relaciona con la capacidad de movimiento del sellado de junta lineal.

El promotor del ensayo debe declarar los límites de la anchura de junta nominal junto con la capacidad de movimiento del sellado de junta lineal a ensayar.

El movimiento puede imponerse antes o durante el ensayo de resistencia al fuego.

B.2 Condición(es) normalizada(s)**B.2.1 Condiciones normalizadas para el movimiento lateral****B.2.1.1 Movimiento antes del ensayo**

El movimiento antes del ensayo debe ser el 100% de la capacidad de movimiento el cual se mantendrá en el transcurso del ensayo (véase la figura B.1).

B.2.1.2 Movimiento durante el ensayo

El equipo de ensayo debe ser capaz de estirar la muestra lateralmente (véase la figura B.1) de forma lineal. El ensayo debe iniciarse con un movimiento equivalente al 20% de la capacidad de movimiento. El 100% de la capacidad de movimiento debe alcanzarse durante el primer 80% del tiempo de resistencia al fuego anticipado, sometido a un máximo de 60 min. {A1} Cuando se alcanza el 100% de la capacidad de movimiento, no ha de imponerse a la muestra ningún otro movimiento inducido mecánicamente. {A1}

B.2.2 Condiciones normalizadas para el movimiento de cizalla**B.2.2.1 Movimiento anterior al ensayo**

El movimiento anterior al ensayo debe ser el 100% de la capacidad de movimiento el cual se mantendrá en el transcurso del ensayo (véase la figura B.2).

AENOR AUTORIZA EL USO DE ESTE DOCUMENTO A LGAI- TECHNOLOGICAL CENTER, S.A.

EN 1366-4:2006+A1:2010

- 30 -

AENOR

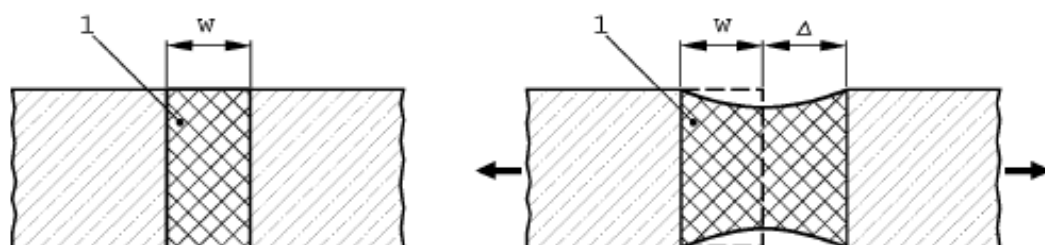
B.2.2.2 Movimiento durante el ensayo

El equipo de ensayo debe ser capaz de estirar la muestra en la dirección de cizalla (véase la figura B.2) de forma lineal. El ensayo debe iniciarse con el movimiento equivalente al 20% de la capacidad de movimiento. El 100% de la capacidad de movimiento debe alcanzarse durante el primer 80 % del tiempo de resistencia al fuego anticipado, sometido a un máximo de 60 min. {A1►} Cuando se alcanza el 100% de la capacidad de movimiento, no ha de imponerse a la muestra ningún otro movimiento inducido mecánicamente. {◄A1}

B.3 Condiciones para el resto de movimientos

El equipo de ensayo debe ser capaz de simular el tipo de movimiento previsto. Véase la figura B.3, como ejemplo de la disposición de un ensayo. El movimiento puede producirse antes o durante el ensayo. El resto de movimientos (distintos del movimiento de cizalla o lateral) dependen de los requisitos del promotor del ensayo o de las aplicaciones particulares.

El procedimiento de ensayo se indica en el capítulo B.2.

**Leyenda**

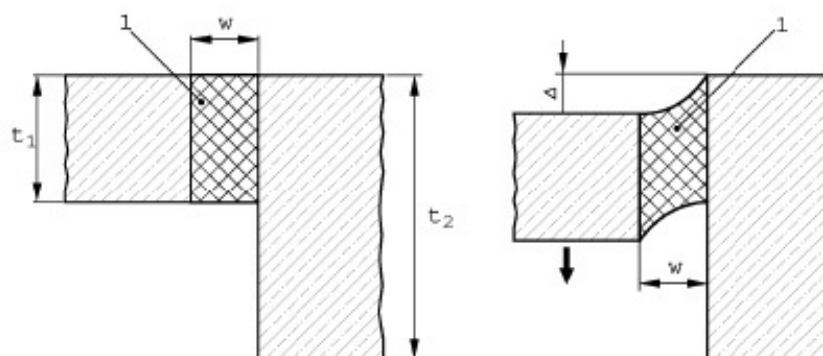
- 1 Sellado de junta
- w Anchura nominal de junta
- Δ Alargamiento (al 100% de la capacidad de movimiento)

Figura B.1 – Movimiento lateral (condiciones normalizadas)

AENOR

- 31 -

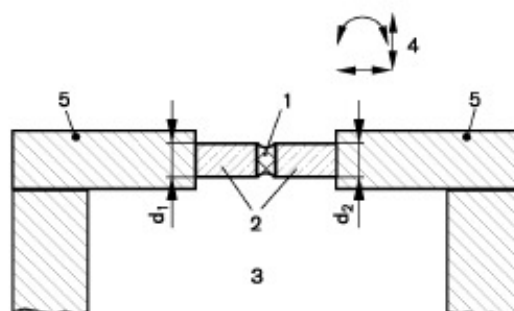
EN 1366-4:2006+A1:201



Leyenda

- 1 Sellado de junta
- w Anclura de junta nominal
- Δ Flexión (al 100% de la capacidad de movimiento)
- t_1 Espesor de la cara de separación móvil
- t_2 Espesor de la cara de separación fija

Figura B.2 – Movimiento en cizalla (condiciones normalizadas)



Leyenda

- 1 Sellado de junta
- 2 Estructura soporte
- 3 Base
- 4 Todos los movimientos
- 5 Marco de ensayo
- d_1, d_2 Espesor de la estructura soporte

Figura B.3 – Disposición de ensayo para el resto de movimientos